



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu

Matti Henriksson

Tuotetiedon määrittäminen puhallinpattereille rakennusten tietomallintamiseksi varten

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 27.05.2018

Valvoja: Professori Markku Virtanen

Ohjaaja: Diplomi-insinööri Aleksi Aarnio

Tekijä Matti Henriksson

Työn nimi Tuotetiedon määrittäminen puhallinpatereille rakennusten tietomallintamista varten

Koulutusohjelma Master's Programme in Energy
Technology

Koodi ENG21

Työn valvoja Prof. Markku Virtanen

Työn ohjaaja(t) DI Aleksis Aarnio

Päivämäärä 27.05.2018

Sivumäärä 74+ 21

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Tässä diplomityössä tehtiin tuotetiedon määrittäminen puhallinpatereille rakennusten tietomallintamista varten. Työ tehtiin Chiller Oy:lle ja siinä sovellettiin yrityksen tuoteportfoliota. Työssä tutkittiin olemassa olevan tuotetiedon sovellettavuutta tietomallintamisessa ja määriteltiin oleellisin tieto rakennuksen tietomallintamiseen liittyen yrityksen näkökulmasta, LVI-suunnittelijoilla teetetyt kyselytutkimuksen avulla. Lisäksi selvitettiin suunnittelijoiden asenteita ja mielikuvia rakennusten tietomallintamiseen liittyen. Lopuksi määritellään ehdotus toteutustavasta, joka nähdään yrityksen kannalta parhaaksi tavaksi jatkaa rakennusten tietomallintamisen osalta.

Tutkimus tehtiin kolmessa osassa. Ensimmäinen osa käsitti kirjallisuusosuuden, toinen osa käsitti kyselytutkimusosuuden ja kolmas osa yrityksen tuotevalintaohjelmasta kerätyn parametriaineiston tarkastelun.

Tutkimuksessa ehdotetaan rakennusten tietomallintamiseen liittyen MagiCAD-objektien valikoiman laajentamista ja objektien tarjoamisen laajentamista myös muille sovelluksille tulee harkita. Ehdotettu toteutustapa suuntaa lähitulevaisuuteen, joten muita sovelluksia ja niiden tutkintaa tulee jatkaa ja rakennusten tietomallintamisen tukimekanismeja tulee työn tulosten perusteella kehittää ja parantaa jatkuvasti.

Avainsanat BIM, AEC, IoT, RFID, MEP, CAD, IFC



Author Matti Henriksson

Title of thesis Defining Product Data for Fan Coils for Building Information Modeling

Degree programme Master's Programme in Energy
Technology

Code ENG21

Thesis supervisor Markku Virtanen Prof.(Professor of Practice)

Thesis advisor(s) Aleksi Aarnio M.Sc.(Tech.)

Date 27.05.2018

Number of pages 74+ 21

Language Finnish

Abstract

The purpose of this thesis was to define product information for fan coil units by means of the Building Information Modelling. The work was done for Chiller Oy. Product portfolio of the company was applied in this thesis. In this thesis the existing product information was applied to the data modelling and the most relevant information in the Building Information Modelling was determined from the point of view of the company. Determination tool was the questionnaire for HVAC designers. In addition, the attitudes and imaginations of designers related to the modelling of buildings were investigated. Finally, thesis defines a proposal for a method of implementation, which is the best way to continue in the scene of the Building Information Modelling from the point of this specific manufacturer.

The study was conducted in three parts. The first part covers the literature section, second part covers definition of the survey and its results and third part examines the product selection software and its parameter data.

The study proposes by the means of Building Information Modelling from the point of view of the fan coil unit manufacturer to extend the range of MagiCAD objects. Thesis also proposes from the scope of objects to be considered for other applications. The proposed implementation approaches to the near future, so other applications investigations need to be continued. Based on the results of the work, the thesis proposes that the Building Information Modelling and its support mechanisms will be developed and improved continuously.

Keywords BIM, AEC, IoT, RFID, MEP, CAD, IFC

Alkusanat

Puhallinpattereita koskevia BIM-mallinnusobjekteja jotka sisältävät luotettavaa ja kattavaa informaatiota on harvoin tarjolla CAD-mallinnusohjelmissa. Työhön päädyttiin tarpeesta kehittää yrityksen suunnittelijoille tarjoamaa informaatiokokonaisuutta. Yhdeksi ratkaisuksi nousi CAD-ohjelmistoon sisällytettävä lisäosan kehittäminen. Tämän työkalun määrittäminen mahdollisesti tehtävää ohjelmistotilausta varten muodostui diplomityön aiheeksi. Tavoitteena oli määrittää tarvittavat parametrit tuotetietomalleja varten. Lisäksi päämääränä oli tehdä niiden rajausta ja määrittää lisäosan rakenne sekä sisältö. Oleellisena osana oli myös tutustua LVI-suunnittelijan suunnittelutyöhön ja käsitykseen rakennusten tietomallintamisesta (BIM). Käyttäjäröhmän määrittely ja asenteiden selvittäminen tietomallintamista kohtaan otettiin tästä syystä yhdeksi tavoitteeksi työssä.

Työn valvojana toimi professori Markku Virtanen ja työn ohjaajana diplomi-insinööri Aleksi Aarnio. Lisäksi Chiller Oy:n koko henkilökunta on tukenut työn etenemistä.

Haluaisin kiittää Chiller Oy:tä, etenkin Pekka Salmea mahdollisuudesta käyttää yrityksen resursseja diplomityöhöni ja Aleksi Aarniota antamastaan tuesta koko prosessin aikana. Suurkiitos myös professori Markku Virtaselle asiantuntijuudestaan sekä positiivisesta ja joustavasta asenteestaan työni suorittamista kohtaan.

Suurin kiitos kuuluu vaimolleni. Hän on mahdollistanut opiskelujeni etenemisen huolehtimalla perheestämme sekä antamalla minulle kaiken tukensa, jotta opiskeluprosessi saataisiin menestyksekkäästi päätökseen.

Tuusulassa 27.5.2018

Matti Henriksson

Matti Henriksson

Sisällysluettelo

Lyhenteet.....	
Selitteet.....	
1 Johdanto.....	1
1.1 Tutkimusongelma	1
1.2 Tavoitteet.....	1
1.3 Rajaukset.....	2
1.4 Tutkimusmenetelmät	2
2 Rakennusten tietomallintaminen ja sen tausta	3
2.1 Rakennuksen tietomallintaminen	3
2.2 Rakennusten tietomallintamisen historia	3
2.3 Tietomallintaminen talotekniikassa	7
2.3.1 Parametrinen objekti	16
2.3.2 openBIM.....	17
2.3.3 IFC-standardi	18
3 Sovelluksien käytön kartoittaminen.....	20
3.1 Kirjallisuusselvityksen tavoite	20
3.2 Kirjallisuusselvityksen toteutus	20
4 Kyselytutkimus.....	23
4.1 Kyselytutkimuksen määrittelevä.....	23
4.1.1 Tavoite	25
4.1.2 Työkalu.....	26
4.1.3 Aikataulu	26
4.2 Kyselytutkimuksen toteutus	27
4.2.1 Vastausinnostus	27
4.2.2 Taustatietoja vastaajista.....	27

5	Valintaohjelmassa tehdyt valinnat.....	29
5.1	Parametritarkastelun tavoite	29
5.2	Käyttäjävalintojen parametriluokittelu	30
5.3	Tarkasteltavien parametrien määrittely ja rajausta	31
5.4	Valintaohjelman parametrien käsittely	32
5.4.1	Valintaohjelmassa tehdyt valinnat	33
6	Tulokset ja analysointi	37
6.1	Kirjallisuusselvityksen tulosten analysointi.....	37
6.1.1	Konseptuaalinen integraatiomalli	37
6.1.2	Sovelluksien käytön kartoittamisen tulokset	39
6.2	Kyselytutkimuksen tulosten analysointi.....	42
6.2.1	Kysymyskohtainen analyysi	44
6.2.2	Vastauksista muodostettu malli prosessin hallintaan	51
6.3	Parametritarkastelun tulosten analysointi	53
6.3.1	Parametrien luokittelu	54
6.3.2	Lisävarustevalintojen tarkastelu	55
7	Johtopäätökset ja rajoitteet.....	61
7.1	Tutkimuskysymyksiin vastaaminen.....	64
7.2	Tulosten käyttöönotto	66
7.3	Työn rajoitteet.....	66
8	Yhteenveto	68
	Lähdeluettelo	70
	Liiteluettelo.....	
	Liitteet.....	

Lyhenteet

AEC	Architecture, Engineering and Construction
BDS	Building description systems
BIM	Building Information Modeling
BPM	Building Product Model
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
CFD	Computational Fluid Dynamics
ETO	Engineered-to-Order
GBM	Generic Building Model
IBC(CAN)	Institute for BIM in Canada
ICT	Information and Communication Technology
IFC	Industry Foundation Classes
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
JIT	Just-In-Time
LVI	Lämpö Vesi Ilma
MEP	Mechanical, Electrical and Plumbing
MTO	Make To Order
NBS(UK)	National Building Specification (United Kingdom)
RTS(FIN)	Rakennustieto säätiö
URI	Uniform Resource Identifier
VTT	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Aiemmin; Valtion teknillinen tutkimuskeskus

Selitteet

AutoCAD	AutoCAD on yleiskäyttöinen tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmisto (CAD).
AutoCAD MEP	AutoCAD-lisäosa jolla voi luonnostella, suunnitella ja dokumentoida taloteknisiä järjestelmiä toimialakoh- taisten talotekniikan (mekaniikka, sähkötekniikka ja viemäröinti) työkalujen avulla.
CADS	CADS on yleiskäyttöinen tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmisto (CAD).
CADS Hepac	Perustuu CADS ohjelmistoon. Suunnattu LVIA-suunnitteluun.
COMSOL Physics	COMSOL Multiphysics on simulointiohjelmisto. Se soveltuu erityisesti fysiikan ja insinööritieteiden ongelmien simulointiin sekä analysointiin.
Critical Path Method	Peräkkäin suoritettavien asioiden kokonaisuus, jotka on toteutettava aikataulussa, jotta koko projekti ei myöhästyisi.
GLIDE	Sovellus jota käytettiin tiedon tarkkuuden, kustan- nusten ja rakennesuunnittelun arvioinneissa. Se jul- kaistiin 1977.
Google Forms	Googlen kehittämä sovellus, jossa voi luoda kysely- lomakkeita verkossa.
Google Trends	Googlen kehittämä sovellus, jossa voi tutkia hakuter- mien suosiota tietyllä ajan jaksolla.
Graphisoft MEP modeler	Mallinnuslaajennus ARCHICAD-sovellukselle. So- veltuu taloteknisten järjestelmien suunnitteluun.
Kanban	Lean-periaatteen mukainen tuotannon ajoitusjärjes- telmä. Se auttaa määrittämään, mitä pitää tuottaa, milloin ja millaisissa määrissä.

Last Planner system	Menetelmä, joka on kehitetty suunnittelutyön, rakentamisen sekä ylläpitötöiden tuotannon ohjaukseen.
Lean	Filosofia, joka keskittyy tuottamattomien toimintojen poistamiseen. Siinä pyritään parantamaan asiakas-tyytyväisyyttä, parantamaan laatua, pienentämään toiminnan kustannuksia ja lyhentämään tuotannon
MagiCAD	AutoCAD- sekä Revit-lisäosa LVI- ja sähköjärjestelmien suunnitteluun ja piirtämiseen.
RATAS	Rakennushankkeen tietokoneavusteisen suunnittelun alustava malli
Revit	Tietomallinnusohjelmisto, joka sisältää rakennus-suunnitteluun, talotekniikan suunnitteluun, rakenne-suunnitteluun ja rakentamiseen tarkoitettuja ominaisuuksia.
Revit MEP	Tietomallinnussovellus talotekniikan suunnittelijoille, joka toimii Revit-ohjelmiston yhteydessä.
VariClient	Chiller Oy:n tuotetiedon hallintajärjestelmä
Webropol	Verkkopohjainen kyselytyökalu, joka mahdollistaa kyselyiden laatimisen ja niiden analysoinnin.

1 Johdanto

Puhallinpattereita koskevia rakennusten tietomallinnusobjekteja (BIM objects) jotka sisältävät luotettavaa ja kattavaa informaatiota tuotteesta on harvoin tarjolla Rakennusten tietomallinnusohjelmissa. Tarve kyseisten tuotteiden mallintamiselle ja informaation sisällyttämiselle rakennusten tietomallinnusohjelmistoihin on syntynyt suunnittelu yrityksissä työskentelevien suunnittelijoiden taholta. Tähän tarpeeseen pyritään vastaamaan ja yhdeksi vaihtoehdoksi on ehdotettu suunnitteluohjelmistoon sisällytettävää CAD-lisäosaa MagiCAD-mallinnusohjelmistoon. Lisäosaa tai toteutustapaa ei ole aikaisemmin määritetty, eikä kuvattu. Tästä syystä toteutustavan määrittely pyritään tekemään tässä työssä ja alustavasti ei suljeta pois mitään toteutusvaihtoehtoja, jos ne ovat perusteltavissa työn tuloksiin pohjautuen. Mitoitusohjelma puhallinpattereille yrityksellä on jo olemassa. Suunnittelijoiden palautteeseen perustuen on syntynyt tarve kehittää ja yksinkertaistaa LVI-mallinnusprosessia. Lähtötiedot tietomallintamista varten löytyvät yrityksen mitoitusohjelmasta.

1.1 Tutkimusongelma

Työssä määriteltiin neljä tutkimuskysymystä, joille työssä pyrittiin löytämään vastaus. Ensimmäiseksi työssä pyritään määrittelemään mikä on oleellista tietoa LVI-suunnittelijoiden kannalta rakennusten tietomalleissa, joita puhallinpatterilaittevalmistajan on mahdollista tarjota. Toiseksi pyritään määrittelemään, mitkä ovat käytännön rajoitteet suunnittelutyössä ja miten rakennusten tuotetietomalli tarjontaa tulisi kehittää. Lisäksi, mitä etuja saavutetaan suunnittelijan, suunnittelu yrityksen tai laitevalmistajan kannalta löydetyllä kehityssuunnalla? Neljänneksi pyritään määrittelemään, mitkä ovat LVI-suunnittelijoiden asenteet rakennusten tuotetietomallintamista ja tuotetietomalleja kohtaan?

1.2 Tavoitteet

Pää tavoitteena on määrittää laitevalmistajan lisäosaan sisällytettävä tieto CAD-suunnitteluohjelmistoa varten. Kohderyhmänä ovat LVI-suunnittelijat. Tämä käsittää tarvittavien parametrien määrittämisen tuotetietomalleja varten, CAD-lisäosan rakenteen ja sisällön määrittelemisen. Lisäksi olemassa olevan datan sovellettavuus pyritään määrittelemään sekä suunnittelijoiden asenteita ja tietotaitoa pyritään tutkimaan. Tulosten perusteella tehdään ehdotus toteutettavista toiminnoista ja kehityssuunnista tietomallintamiseen liittyen laitevalmistajayrityksen kannalta.

Välitavoitteiksi on määritetty tarvittavien parametrien selvittäminen tietomalleja varten sekä tehdä niiden rajausta. Tässä huomioidaan suunnittelijoiden tarpeet ja valitaan soveltuvin sovellusalue. Lisäksi määritellään sen sovellettavuus ja rajoitteet. Valitun ohjelmistoalustan ja sillä tehtävän suunnittelun tason perusteella parametreille määritetään hierarkia, joka perustuu niiden välttämättömyyteen ohjelmiston, suunnittelijan tai rakennusten tietomallintamisen kannalta. Lisäksi työstä saatujen tulosten perusteella, tehdään johtopäätös projektin toteutustavasta liittyen CAD-lisäosan rakenteeseen, sisältöön tai mahdollisesti löydettyyn toiseen lähestymistapaan liittyen. Tässä osuudessa pyritään ottamaan kantaa työkalun toimintatapaan ja käytettävyyteen. Tämä kanta perustellaan työssä saatujen tulosten perusteella.

1.3 Rajaukset

Tämä tutkimusalue rajataan CAD-lisäosiin ja CAD-sovelluksiin sisällytettäviin laiteobjekteihin. Edistyneempien simulointityökalujen sovellettavuus jätetään työn aihealueen ulkopuolelle. Mallien yhteensopivuuteen otetaan kuitenkin kantaa IFC-formaattia tutkittaessa ja niin ollen aiheesta pieni osuus koskee myös tätä osa-aluetta. Kyselytutkimukseen osallistuneet yritysten LVI-suunnittelijat on valikoitu Suomessa toimivista yrityksistä, joten kansainvälinen kuva rakennusten tietomallintamisesta jää kyselytutkimuksen kannalta rajalliseksi. Tähän yritetään kuitenkin löytää suuntaviivoja kirjallisuudessa, jossa käsitellään rakennusten tietomallintamista yleisemmällä tasolla kansainvälisistä lähteistä.

1.4 Tutkimusmenetelmät

LVI-suunnittelijoiden tietotaso ja heidän oleellisimmaksi kokema tietomallin sisältö pyritään selvittämään suunnittelijoille teetetävän kyselytutkimuksen avulla. Tässä selvitetään olemassa olevan valintaohjelman sovellettavuutta CAD-lisäosaa varten. Samalla kerätään tietoa rakennusten tietomallintamisesta ja LVI-suunnittelusta, avoimin kysymyksiin. Lisäksi toteutetaan laajempi kyselytutkimus verkkopohjaisesti. Siinä pyritään löytämään vastauksia tutkimuskysymyksiin tilastollisin perustein.

Kirjallisuudessa tutustutaan rakennusten tietomallintamisen perusteisiin sekä pyritään löytämään mahdollisia tulevaisuuden kehityssuuntia rakennusten tietomallintamisessa ja ennen kaikkea LVI-suunnittelussa. Olemassa olevan valintaohjelman tietokantaa tutkitaan sen tarjoaman parametritiedon avulla. Tästä pyritään osaltaan selvittämään oleellimmat tietomallintamiseen vaikuttavat parametrit puhallinpatteriverkoston suunnittelussa.

2 Rakennusten tietomallintaminen ja sen tausta

Rakennuksen tietomallintamista (BIM) pidetään ratkaisuna arkkitehtuurin, teknisen suunnittelun ja rakennusalan (AEC) haasteisiin. Haasteet liittyvät usein perinteisiin työskentelytapoihin. Perinteisillä työskentelytavoilla tarkoitetaan perinteistä 2D-suunnittelua tai esimerkiksi edellä mainittujen suunnitelmien käyttämistä työmailla. Lisäksi perinteisiin työskentelytapoihin voidaan katsoa kuuluvaksi eriytetty suunnitteluprosessit, jossa eri järjestelmät ja rakenteet suunnitellaan eriytetysti ilman sidosryhmien välistä kommunikaatiota tai tietokantaa. Rakennusten tietomallintamisen määrittelyyn ei ole olemassa yksiselitteistä määritelmää. Riippuen toimijasta tai lähteestä kuvaukset voivat erota merkittävästi toisistaan. Tietomallintaminen ottaa usein kantaa rakennuksen ja sen komponenttien koko elinkaareen varhaisista konseptimalleista lopullisen rakennuksen hävittämiseen. (Abanda, Vidalakis et al. 2015)

Tässä työssä rakennuksen tuotetietomallilla tarkoitetaan rakennuksen digitaalista esitystä, joka kuvaa sen fyysisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia. Malli koostuu komponenteista, joita ovat rakenteelliset osat ja erilaiset järjestelmät. Rakenteellisia osia ovat rakennuselementit kuten seinärakenteet, ikkunat, ovet, yläpohja ja sen varusteet. Järjestelmiin liitetään käyttövesi-, viemäri-, ilmastointi-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät. Elementeillä ja järjestelmillä voi olla mallissa niille tyypillisiä muotoon, kestävyys, hintaan, resurssien käyttöön, ympäristövaikutuksiin ja energian käyttöön liittyviä tietoja. Malleihin voidaan liittää myös dokumentteja koskien huoltoa ja ylläpitoa. (Knight 2012) Seuraavaksi käsitellään rakennusten tietomallintamista, sen historiaa ja tulevaisuuden näkymiä.

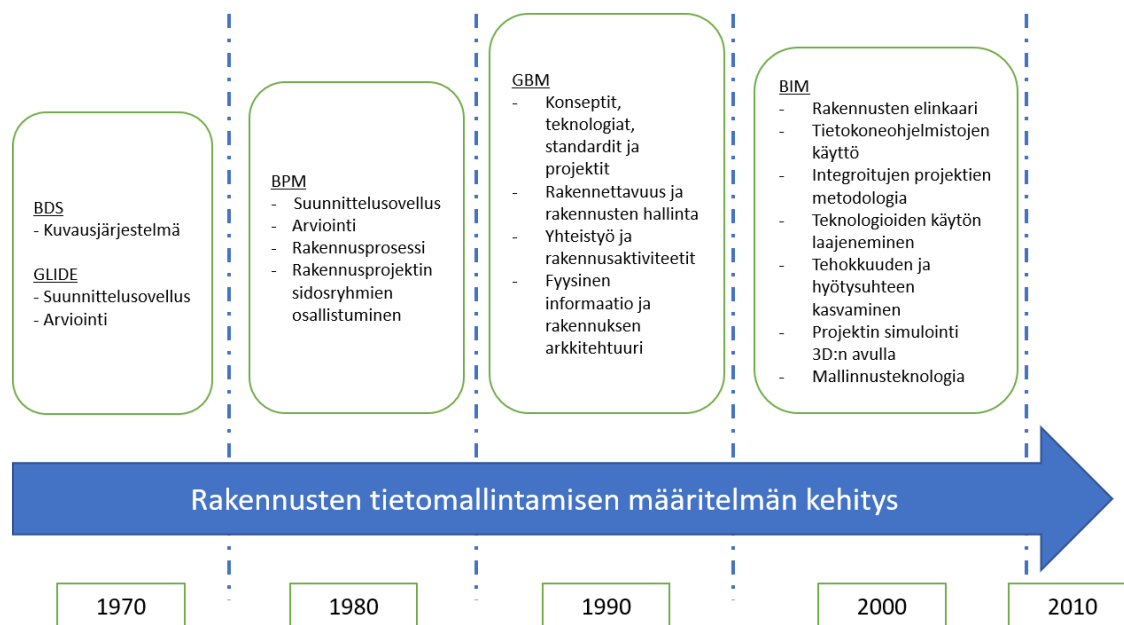
2.1 Rakennuksen tietomallintaminen

Mallipohjainen parametrinen mallintaminen on yksi suurimmista rakennusteollisuutta muuttavista asioista. Siirtyminen perinteisistä piirustusmenetelmistä sovelluspohjaisiin digitaalisiin malleihin mahdollistaa johdonmukaisten rakennusten piirustusten, rakennusaikataulujen ja rakennustiedon sisällyttämisen samaan tietolähteeseen. Lisäksi tietolähteeseen voidaan sisällyttää tietoja rakennuksen suorituskyvystä, rakentamisesta ja kiinteistön toimintaa kuvaavista tietokokonaisuuksista. (Chuck Eastman, et al. 2011)

2.2 Rakennusten tietomallintamisen historia

Rakennusten tietomallintamisen historiaa on pyritty kuvaamaan hyvin erilaisilla tavoilla. Rakennusten tietomallintamisen alkamisen ajankohtaa on vaikea määritellä. Tämä johtuu ainakin osakseen siitä, että rakennusten tietomallintamista käytetään yleispätevänä terminä itse määritelmän kuin teknologioidenkin kuvaamiseen. (Latiffi 2014, American Machinist 2012) Lisäksi määrittelyajankohdalla on suuri vaikutus määritelmän sisältöön. Rakennusten tietomallintaminen (BIM) on kehittynyt ja sen määritelmä on laajentunut suuresti vuodesta 1975 lähtien, jolloin määritelmän esiasteet ovat alkaneet kehittyä (Latiffi 2014). Rakennusten tietomallintaminen on myös kuvattu alkaneen kehittyä vuonna 1957, jolloin ensimmäinen tietokoneavusteinen sovellus (Pronto) kehitettiin. Dr. Hanratty P. kehitti ensimmäisen kaupalliseen käyttöön tarkoitetun tietokone avusteisen ohjelmiston. Tämä oli tietokone avusteinen työkalu koneistustarkoituksiin (CAM). (American Machinist 2012) Kuitenkaan

tässä vaiheessa ei voitu puhua vielä rakennusten tietomallintamisen alkamisesta vaan ennemmin rakennusten tietomallintamiseen kehittyvien sovellusten kehityskulun alkamisesta. Varsinaisen BIM-konseptin esiasteleet ja kehitys on nähtävissä kuvassa 1.



Kuva 1. Rakennusten tietomallintamisen määritelmän kehitys (Latiffi 2014)

Tässä työssä rakennuksen tietomallintaminen käsitetään konseptuaalisena terminä, joka on peräisin professori Charles Eastman:in määrittelemästä rakennusten kuvaamisjärjestelmästä (BDS). Termi esiteltiin ensimmäistä kertaa vuonna 1975 ja se määriteltiin tietokannaksi, joka mahdollistaa rakennusten yksityiskohtaisen suunnittelun ja rakentamisen. Rakennusten kuvaamisjärjestelmän avulla oli mahdollisuus huomioida perusominaisuudet erityisvaatimuksia sisältävistä systeemikuvauksista. Erityisesti tietorakenteisiin, tiedon saatavuuteen sekä tietokannan ja analyysiohjelmistojen vaikutussuhteisiin kiinnitettiin huomiota. Sitä käytettiin mallin rakentamiseen, joka sisältää monimutkaisia fyysisiä järjestelmiä sisältäen elementtien kuvaukset. (Eastman 1976, Latiffi 2014, Dobelis 2013) Rakennusten kuvaamisjärjestelmän avulla pystytään kuvaamaan ja järjestämään suuria määriä rakennuselementtejä. Tällöin yhteenrömyykset pystytään pois sulkemaan jo suunnitteluvaiheessa. Rakennusten kuvaamisjärjestelmän avulla oli mahdollista pienentää suunnittelukustannuksia ja parantaa analyysien tehokkuutta. Tämä ei kuitenkaan saavuttanut suurta suosiota, sillä suurella osalla suunnittelijoita ja arkkitehtejä ei ollut mahdollisuutta käyttää näin edistysellistä teknologiaa. Syynä tähän oli, että yksityistietokoneita ei tuohon aikaan ollut jolloin laajempi jakelu oli rajoittuneempaa kuin nykyisin. (Latiffi 2014, Dobelis 2013)

Välittömästi terminologiaan lisättyä BDS:ää seurasi GLIDE (Graphical Language for Interactive Design), joka esiteltiin vuonna 1977. Tämä oli seurausta BDS:n rajoittuneisuudesta ja tarpeesta käsitellä rakennussuunnitelmaa kokonaisvaltaisemmin ra-

kennesuunnittelun, arkkitehtuurin sekä energiasuunnittelun näkökulmista. Glide sisälsi monilta osin samoja osia kuin BDS:kin, joten sitä voidaan pitää soveltuvin osin BDS:n laajennuksena. Se sisälsi BDS:n ominaisuuksista mm. lukuisten täydellisten muotomallien kompaktin esityksen. Lisäksi sillä oli mahdollista yhdistää muotoja unionitoiminnolla, käsitellä risteymiä ja eroja muotojen välillä. (Eastman, Henrion 1977, Latiffi 2014) Se ilmentää BDS:n ominaisuuksia yleisellä korkean tason kielellä ja laajentaa ne ylimääräisillä rakenteilla funktionaalisesti täydellisten kappaleiden kuvaamiseksi ja niiden liittämiseksi toisiinsa. Korkeamman tason kielellä tarkoitetaan perinteisestä koneohjelmointikielestä vapautumista. Koneohjelmointikieleksi käsitetään tässä perinteisen binäärijärjestelmän käyttöä ohjelmointikielenä. (Eastman, Henrion 1977).

GLIDE oli käytössä vuoteen 1988, jonka jälkeen siirryttiin uuteen ohjelmaan, joka sai nimen BPM (Building Product Model). Se julkaistiin vuonna 1989. Tämä ohjelma kattoi suunnittelutoiminnot, arvioinnit ja rakentamisprosessin. Suurimpana erona GLIDE:n ja BDS:n toimintoihin oli tarkastelun laajeneminen itse rakentamisprosessiin. Muutoin se säilytti edeltäjiensä ominaisuudet. BPM:ää käytettiin kääntämään projekti-informaatiota, sekä luomaan suhteita rakennusvaiheen elinkaaren ajalle kuten maatyöstöön rakenteellisten, arkkitehtuuristen ja infrastruktuuriin liittyvien töiden välille. BPM oli suunniteltu käytettäväksi merkittävien muutosten tekemiseen projektien toimitusketjun hallinnassa. Kuitenkin, sitä lähinnä käytettiin vain tuotetietoon liittyvään kommunikaatioon. (Latiffi 2014)

Suomessa BPM tunnettiin paremmin nimellä RATAS (Rakennushankkeen tietokoneavusteisen suunnittelun alustava malli). (Latiffi 2014) Se oli vuonna 1983 TEKES'in toimesta käynnistetty tietotekniikan soveltamista suunnittelussa edistävä hanke. Tämän ja tietotekniikan kehittymisen myötä sekä suunnittelu että prosessin hallinta ottivat isoja harppauksia kohti nykyistä rakennusten tietomallintamista. (Mölsä 2016) Tässä olivat mukana useiden eri toimijoiden ja instituutioiden toimijat ja myöhemmin vuosina 1986–1987 ensimmäinen RATAS I (Computer Aided Building System I) sovellus ilmestyi (VTT 2000). Silloisen Valtion Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT) RATAS ohjelmasta oli monia kehitysversioita. Pääpiirteissään se oli konseptuaalinen malli, joka hyödynsi objektiattribuutteja ja attribuuttisuhteita ja pystyi näiden avulla kuvaamaan eri ohjelmistojen tuottamaa rakennusinformaatiota saman konseptuaalisen informaatorakenteen sisällä. (Latiffi 2014)

Geneerinen rakennusmalli (GBM) esiteltiin vuonna 1995 parantamaan informaation integroimista todellisiin rakennusaktiviteetteihin. Rakennusteollisuuden samalla muuttuessa monimutkaisemmaksi ja haastavammaksi, oli väistämätöntä, että tarvittiin laajempaa tieto- ja viestintätekniikan (ICT) käyttöönottoa, jotta tavoitteiden toteutuminen paremmasta suorituskyvystä olisi mahdollista. (Latiffi 2014)

Rakennusten tietomallintamisen määritelmä on edelleen kehittynyt suuresti vuodesta 2000 lähtien. Merkittävänä lisäyksenä edeltäneeseen oli mallien käytön laajeneminen suunnittelu- ja rakentamisvaiheen mallintamisesta myös rakentamista seuraavien vaiheiden mallintamiseen. Ensimmäinen määritelmä kirjallisuushaun perusteella BIM termin käytöstä on vuonna 2000, jolloin rakennusten tietomallintamista käsiteltiin staattisesta ja dynaamisesta näkökulmasta. Staattinen näkökulma käsitti objektin kuvaamiseen tarkoitetut attribuutit, joka mahdollisti itse mallintamisen. Dynaaminen aspekti käsitti vastaavasti tilan/avaruuden säännöt, jossa objekti sijaitsee. Nämä dynaamiset aspektit mahdollistivat sääntöjen luomisen kokonaisuuksien kokoonpanoa varten ja itse kokoonpanojen havainnollistamisen. Kokonaisuudessa rakennusten tietomallintamisen kehittyminen on kuvattu taulukossa 1. (Ameziane 2000, Latiffi 2014)

Taulukko 1. Rakennusten tietomallintamisen kehitys vuosien 1975–2013 välisenä aikana (Latiffi 2014)

Kehitys	Rakentamisen vaihe			Kategoria
	Rakentamista edeltävä	Rakentaminen	Rakentamisen jälkeinen	
BDS	✓			Suunnittelu
GLIDE	✓	✓		Suunnittelu ja arviointi
BPM	✓	✓		Suunnittelu, arviointi ja rakennusprosessi
GBM	✓	✓		Suunnittelu, arviointi ja rakennusprosessi
BIM	✓	✓	✓	Suunnittelu, arviointi, rakennusprosessi, rakennuksen elinkaari, suorituskyky ja teknologiat

Sidosryhmien välisen kommunikaation kehittyminen

Vuonna 2004 tiedostettiin, että rakennusprojekteissa kaikkein haastavinta oli asiakkaan tarpeiden kartoittaminen. Se nähtiin samalla kaikkein tehokkaimpana keinona, jolla voitiin parantaa projektien laatua. Rakennushakkeessa vaatimukset dokumentoitiin tyypillisesti asiakaslähtöisesti, vaikka tähän liittyvät ongelmat olivat jo tiedossa. Lisäksi tarpeiden kartoittaminen tehtiin usein projektin alussa ja mahdollisten päivitysten takia, tavoitteiden asettelusta oli tullut sekavaa ja vaikeasti lähestyttävää. (Kiviniemi, Fischer 2004) Ongelman ydin oli tilaajien ja rakennusprosessin toimijoiden välisessä kommunikaatiossa. Tällöin tiedostettiin konsultoinnin arvo rakennushankkeissa, jotta eri sidosryhmät saatiin kommunikoida keskenään siten, että käytössä oli yhteinen kieli. Rakennusten tietomallintamisen kehittymisen myötä oli mahdollisuus havainnollistaa suunnitelmia entistä paremmin niin, että myös maallikolla oli mahdollisuus saada selkeä yleiskuva projektista. Lisäksi rakennusten tietomallintamisen rakenteellisen kehityksen myötä asiakkaalla oli entistä paremmat mahdollisuudet seurata projektin etenemistä. (Kamara, Anumba et al. 2002)

Projektin tavoitteiden tai tarpeiden muuttuessa tieto oli mahdollista jakaa jokaiselle osapuolelle niin, että kaikille sidosryhmille oli selkeää mitkä ovat ajantasaiset tavoitteet. Integroidusta suunnittelusta tuli yhä varteenotettavampi projektitoimitusmenetelmä. Tämä mahdollisti eri sidosryhmien tiiviimmän yhteistyön. (Kamara, Anumba et al. 2002)

Rakennusten tietomallintamisen määritelmä laajeni vuonna 2005, kun se kuvattiin tietokoneohjelmistojen kehitykseksi ja käytöksi rakennusten ja niiden toiminnan simuloinnissa. Tämä tuottaa mallin, joka on tietorikas, objektikeskeinen, älykäs ja parametrisen digitaalinen esitys rakennuksesta. Mallin tarkastelukulmat voidaan erottaa riippuen tarkastelijan tarpeista ja tietoa on mahdollista analysoida ja tuottaa. Tätä tietoa voidaan käyttää päätöksenteon tukena ja toimitusprosessien kehittämisessä. Merkittävin muutos tietomallien aikaisempiin kuvauksiin oli vuoteen 2005 mennessä tietomallien yhdistäminen kokonaismalleiksi. Rakennuksen eri järjestelmiä kuten rakennetta, mekaniikkaa, putkistoa ja sähköistystä käsiteltiin yksittäisinä mallikokonaisuuksina. Ne olivat tarvittaessa yhdistettävissä myös kokonaismalleiksi. Rakennuttajalla oli näiden mallien pohjalta mahdollisuus suorittaa törmäystarkasteluja ja antaa palautteensa suunnittelijoille. Hyväksyttyjä malleja oli mahdollisuus käyttää edelleen rakennusaikataulun, kustannuslaskelmien, sekä rakennus- ja järjestelmäsimulaatioiden tukena. BIM kuvattiin työkaluksi, joka käsittelee informaatiota samaan tapaan kuin organisaatio käsittelee tehtäviä ja prosesseja. Näitä prosesseja tarvitaan suunnitteluvaiheesta läpi koko rakennuksen elinkaaren. (Latiffi 2014, AGC 2000)

Rakennusten tietomallintamisen kokonaisvaltaistuminen

Rakennusten tietomallintamisesta oli tullut kehittyvä teknologiapohjainen metodologia. Sitä voitiin käyttää suunnitteluun, rakentamiseen, huoltoon, suorituskykyyn ja tuottavuuteen liittyvien prosessien parantamiseen (Penttilä 2006). Vuonna 2008 BIM:ää sovellettiin projektisimulaatioissa, jotka sisälsivät 3D-mallit projektin eri komponenteista. Sitä sovellettiin projektin vaihekohtaisten vaatimustietojen integrointiin. Näin kokonaisia projekteja pystyttiin simuloimaan kokonaisvaltaisesti ja yhtäjaksoisesti läpi rakennuksen elinkaaren. Vuoteen 2013 mennessä BIM:stä oli kehittynyt teknologinen vallankumous. Se auttoi muuttamaan tapaa, jolla rakennuksia suunniteltiin, rakennettiin ja operoitiin. Tämä teknologia auttoi rakennushankkeiden sidosryhmiä parantamaan yhteistyötään ja samalla se toi uusia työkaluja kommunikointiin ja dokumentoinnin hallintaan. Rakennusprojekteista oli mahdollista saada entistä tehokkaampia ja hyötysuhde resurssien käytössä kasvoi. Rakennusten tietomallintaminen nähtiin yhtenä lupaavimmista askeleista niin arkkitehtuurin, insinöörisuunnittelun kuin rakennusteollisuudenkin näkökulmasta. BIM teknologioilla oli mahdollisuus luoda tarkkoja virtuaalisia malleja rakennuksista. Virtuaalisilla malleilla on mahdollista havainnollistaa mm. rakennuksen 2D-/3D-rakennetta, sekä simuloida rakennusten ja prosessien käyttäytymistä erilaisissa olosuhteissa. (Latiffi 2014, Chuck Eastman, et Al. 2011)

2.3 Tietomallintaminen talotekniikassa

Talotekniikkajärjestelmien (MEP systems) koordinointi on yksi suurimmista haasteista suurien ja monimutkaisten rakennusprojektien yhteydessä. Talotekniikkajärjestelmät ja niiden suunnittelu kattaa rakennuksen kaikkien ei-rakenteellisten toimintojen hallinnan (Hu, Tian et al. 2018). Prosessin koordinointi pitää sisällään laitteiston sijoittelun ja reitityksen jokaiselle talotekniikkajärjestelmälle. Tämä monitieteellinen ja useita sidosryhmiä työllistävä prosessi on aikaa kuluttavaa, aiheuttaa kustannuksia ja vaatii tietotaitoa kustakin järjestelmästä läpi rakennuksen elinkaaren. Käytäntö tarvitsee usein edustajia jokaiselta talotekniseltä osa-alueelta. Lisäksi se

tarvitsee näiden sidosryhmien tiivistä yhteistyötä. Tehokas koordinointi edellyttää järjestelmien tuntemusten yhdistämistä suunnittelussa, rakentamisessa, operoinnissa ja ylläpidossa. (Korman, Fischer et al. 2003) Taloteknisten järjestelmien BIM-pohjaisessa suunnittelussa pyritään lieventämään näitä haasteita edellä kuvatussa toimintaympäristössä.

Talotekniset järjestelmät tuottavat palveluja ihmisten päivittäisiin tarpeisiin. Järjestelmillä on tärkeä rooli luotaessa viihtyisää ja turvallista ympäristöä rakennuksen käyttäjille. Hallittaviin järjestelmiin kuuluu mm. LVI-, sähkö- ja energiajärjestelmät. Järjestelmien suunnittelu käsittää kokonaisvaltaisesti järjestelmien koko elinkaaren suunnitteluvaiheesta rakentamiseen, käyttöön ja huoltoon. Käyttö- ja huoltovaihe kuluttavat eniten aikaa ja tuottavat suurimmat kustannukset rakennuksen elinkaarella. Suurin osa kustannuksista syntyy käytön ja huollon aikaisista menoista. (Hu, Tian et al. 2018) Näin ollen käytön aikaisten kulujen huomioon ottaminen on ensi arvoisen tärkeää myös suunnittelussa. Laitevalinnoilla ja järjestelmien suunnittelulla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä myös käytön aikana. Lisäksi huoltotoimenpiteiden koordinointi helpottuu. BIM-malleista on mahdollista nähdä järjestelmäkuvaukset ilman, että niitä tarvitsee etsiä talondokumentaatiosta tai vastaavasti kenttä kartoittaa. Ajan ja arvon tuhlaus pienenee, jos tehtävät huoltotoimenpiteet voidaan suunnitella jo ennen kohteeseen menoa.

Materiaalien hallinta ja logistiikka

Tehokas materiaalien hallinta on tärkeää rakennusprojektin onnistumisen kannalta. Varaston loppuminen, kaksinkertainen käsittely, tehottomat menetelmät ja väärä toimitusjärjestys ovat yleisimmin esiintyviä ongelmia työmailla. Nämä hidastavat työn etenemistä ja laskevat tuottavuutta. Juuri oikeaan tarpeeseen (Just-in-Time, JIT) toimitus on toimintamalli, jossa hyödykkeet pyritään toimittamaan juuri oikeaan tarpeeseen, hieman ennen asennus- tai käyttötarpeen ilmenemistä. Tämän avulla pystytään vähentämään tarpeetonta varastointia ja pienentämään materiaalivaurioista koituvaa hukkaa. Juuri oikeaan tarpeeseen toimitettavien materiaalien merkitys kasvaa suhteessa työnmäärään ja työmaan laajuuteen. Erityisesti kiireisillä kaupunkikeskustojen alueilla, joilla on rajoitetusti varastointitilaa materiaaleille, juuri oikeaan tarpeeseen toimitettujen materiaalien merkitys on suuri. Toimitusmallin edut rakentamisessa ovat vähentyneet välivarastoinnit, parempi laatu ja lisääntynyt tuottavuus. (Randolph, Riley et al. 2005)

Vaativissa ja monimutkaisissa rakennusprojekteissa ja etenkin tilauksesta suunniteltaessa (ETO, engineered to order) tyyppisen tuotteen toimituksessa on tärkeää korkealle tasolle viedyt esivalmisteet. Tällä pyritään nopeuttamaan toimitusaikataulua ja selvittämään kuljetuksiin liittyvät haasteet. (Tillmann, Viana et al. 2015) Vaikka tutkimus viittaa tilauksesta suunniteltavaan tuotantoon, ei esivalmisteen tärkeyttä voi väheksyä myöskään tilauksesta valmistettavan (MTO) tuotannon kannalta. Ongelmaksi muodostuukin, mikä on riittävä esivalmistetaso tai niiden varastointimäärä. Valmistavan teollisuuden ja rakennusteollisuuden välille syntyy herkästi ristiriita varastointiin liittyen, jos kumpikin osapuoli haluaa noudattaa Lean:in ja siten myös juuri oikeaan tarpeeseen toimintaperiaatteita. Ilman tarkkaa rakennusprojektien ennus-

tettavuutta toimitusketjun aikatauluttaminen voi olla vaativaa kokeneellekin toimijalle. Materiaalien hallinta rakennustyömaan näkökulmasta on määritelty toimitusten jakautumiseksi varastointiin, käsittelyyn, tiloihin ja resursseihin. Näiden toimintojen tehtävä on tukea työvoimaa minimoimalla tehottomuus ja turha materiaalien liikuttelu. (Randolph, Riley et al. 2005)

Kanban periaatetta on ehdotettu käytettäväksi myös rakennusteollisuudessa BIM-teknologioiden avulla. (Ocheoha, Moselhi 2015) Tämä mahdollistaa juuri oikeaan tarpeeseen -tuotannon, mutta edellä mainitut ongelmat ovat rajoittaneet sen toteutumista suunnitelmien ulkopuolella. Kanban itsessään tarkoittaa yksinkertaista merkkiä tai tyhjää korttia. Peruseriaate on yksinkertaisen signaalin antaminen tai ilmentyminen tuotantoketjussa, joka aiheuttaa toisessa kohtaa tuotantoketjua toiminnon. Tämä toiminto vaikuttaa signaalin lähteeseen siten, että signaali hiljenee tai sammuu. Tämä voi olla esim. tuotantokomponentin määrän laskeminen tietyn tavoitevaraston alapuolelle, josta seuraa signaali materiaalinhallintaan, jota puolestaan seuraa täydennystilaus esim. alihankkijalle. Tällä pystytään välttymään ylisuurilta varastoilta ja varastojen loppumiselta. Toyotan Kanbanin käyttötapaa tunnetaan Kanban-järjestelmänä, jolla hallitaan ja varmistetaan materiaalien virtaus ja tuotanto juuri oikeaan tarpeeseen tuotannossa. (Liker 2004) Työssä Kanban:sta puhuttaessa tarkoitetaan juurikin tätä yleisperiaatetta, materiaalin virtaamisesta läpi prosessin. Nykyisin Kanban-järjestelmäkin on kokenut sähköistymisen ja sitä on automatisoitu monin osin (Ocheoha, Moselhi 2015).

Ocheoha et al. tutkivat laskennallista alustaa, joka sitoo hankinnan aikataulut BIM-aikatauluun. Malli jäljittelee materiaalien oikea-aikaista tilaamista käyttäen reaaliaikaisia tietokantoja. Malli ennustaa projektin BIM-mallin ja suunnitellun aikataulun perusteella, oikea-aikaisten tilausten ajankohdat. Elektronisen Kanban-järjestelmän avulla lähetetään ilmoituksia materiaalitoimituksista tai tilattavista materiaaleista. Automaattisia tiedonhankintatekniikoita käytetään materiaalien seurannassa ja tehtävissä hankkeen aikataulun päivittämiseksi. Tutkimuksen mukaan tietokanta varmistaa, että materiaalit tilataan vähän ennen kuin niiden tarve ilmenee. Tietokanta ottaa huomioon materiaalien johtoajan ja säätietoja koskevat muutokset. Materiaalien toimituspäivät päivittyvät projektin aikatauluun siten, että materiaalit toimitetaan juuri oikeaan tarpeeseen. Ehdotettu malli on suunniteltu vähentämään työmäärää ja varmistamaan, että materiaalit toimitetaan tarpeen mukaan. Tämän lisäksi mallin todetaan alentavan materiaalien tilauksesta aiheutuvia kustannuksia. (Ocheoha, Moselhi 2015, Sacks, Treckmann et al. 2009)

Edellä esitetty malli vastaisi ainakin osaltaan ongelmaan, joka tunnetaan juuri oikeaan tarpeeseen mallin synkronoitavuudesta useamman eri sidosryhmän välille. Tämä tarkoittaa lähinnä sitä, että osapuolten välillä tulisi olla yhteinen tietokanta, jonka päivittyminen olisi synkronoitu jokaisen projektitoimijan omaan tietokantaan. Automatisoidulla järjestelmällä jokaiselle toimijalle annetaan mahdollisuus oman toimintansa optimointiin siten, että juuri oikeaan tarpeeseen -malli toteutuu jokaisessa toimitusketjun välivaiheessa. Tämä ei ole kuitenkaan täysin ongelmatonta johtuen yksittäisen toimijan toimimisesta usein lukuisissa eri projekteissa yhtä aikaa. Esimerkiksi laitevalmistajan tilauskanta voi ruuhkautua tai siihen voi tulla aukkoja, jos

optimointi toteutetaan puhtaasti suunnittelutoimisto tai rakennuttaja vetoisesti. Tällöin rakennusprojektien alihankkijoiden toimitusaikojen oikeellisuus tulee entistä tärkeämpään osaan niin kilpailutustilanteissa kuin varsinaisten materiaalitilaustenkin yhteydessä. (Rech 2007)

RFID- ja Lean-teknologioiden hyödyntäminen rakennusten tietomallintamisessa

Kanban-järjestelmää voidaan tehostaa muuttamalla järjestelmä elektroniseksi. Elektronisen Kanbanin yhtenä tukimekanismina voidaan käyttää RFID-tunnisteita. Sen etuna verrattuna perinteisiin viivakoodeihin on mahdollisuus lukea tietoa useista lähteistä kerrallaan ja samalla tehdä tarvittavia muutoksia tietoihin. Lisäksi sen käyttö voidaan monimutkaisessakin tuotantojärjestelmässä automatisoida ja ihmisen vaikutus tiedon käsittelyyn minimoida. (Ocheoha, Moselhi 2015)

Oncheoha et al. mukaan erityiskäyttötarkoituksiin tarvittavien komponenttien hankinnassa on useita vaativia vaiheita, jotka sisältävät useita eri sidosryhmiä. Tästä johtuen ehdotetaan, että vaativista vaiheista vastaavat sidosryhmät otetaan mukaan jo suunnitteluvaiheessa. Näin mahdollistetaan entistä parempi ennustettavuus ja ennen kaikkea edellä kuvatun aikataulumallin hyödyntäminen jo suunnitteluvaiheessa. Todetaan, että tähän on pyritty jo nykyisillä käytännöillä, mutta prosessia kuvataan monimutkaiseksi ja vaikeasti hallittavaksi. Ehdotetulla mallilla on mahdollisuus toteuttaa nämäkin vaiheet luotettavammin ja lyhyemmällä läpimenoajalla. (Ocheoha, Moselhi 2015)

Merkittävin parannus, jonka edellä esitelty malli tuo verrattuna perinteisiin toimintatapoihin on sen reaaliaikaisuus. Jokainen laite- tai materiaalitöimituksen vaihe päivittyy malliin reaaliaikaisesti ja se on optimaalisessa tilanteessa jokaisen sidosryhmän saatavilla. Lisäksi malli ottaa huomioon vallitsevat sääolosuhteet ja ennusteet säästä. Tämän avulla on mahdollisuus ennakoida pilaantuvien materiaalien oikea-aikaiset toimitukset. Lisäksi sääolosuhteista riippuvien asennustöiden paras suoritus ajankohta on mahdollista ennustaa. (Ocheoha, Moselhi 2015, Sacks, Treckmann et al. 2009)

Toisessa Dave et al. tekemässä huomiossa tuotannon hallintaa tai sen valvontaa ei ole käsitelty sitten Critical Path Method:n tai Last Planner® -järjestelmän käyttöön oton jälkeen. Hallitsevat toimintalogiikat ja pirstaloituneet toimitusketjut rakentamisessa vaikuttavat merkittävästi tehokkuuteen elinkaaren aikana. Rakennushankkeessa suuri osa organisaatioista on vuorovaikutuksessa tuotteen kanssa koko prosessin ajan. Tämä vaatii huomattavaa tietomäärien käsittelyä ja synkronointia näiden organisaatioiden välillä. Syvällisten toimitusketjujen ja tietojenkäsittelytietojen puutteista johtuen tietovirta koko elinkaaren ajan on kuitenkin merkittävä haaste. (Dave, Kubler et al. 2015)

Visio uudenlaisesta tuotantologiikasta rakentamisessa

Dave et al. loivat vision edellä kuvailtujen ongelmakohtien ratkaisemiseksi. Tutkimus pyrkii esittelemään uudenlaisen tuotantologiikan rakentamiselle. Siinä tuotannonohjauksen logiikka eli kokoonpano-ohjeet, sekvensointi ja valmistus sekä tuotteen tiedot liittyvät tuotteeseen, ja ikään kuin matkustavat laitteen mukana läpi sen elinkaaren. (Dave, Kubler et al. 2015)

BIM:n tarkoitus ei ole ainoastaan tarjota mallinnuspalvelusta vaan sen merkitys kasvaa informaation hallinnan työkaluna. Sen on kaavailtu palvelevan projektin jokaista tasoa koko sen elinkaaren ajan (Sacks, Koskela et al. 2010). On myös esitetty, että BIM:ssä ja Lean:ssä on olemassa synergististä potentiaalia läpi projektien elinkaarien. Vaikka näitä synergiaetuja on hyödynnetty yksittäisissä projekteissa ja hankkeissa niille ei ole olemassa systemaattista hyödyntämisstrategiaa. Suurimmat haasteet kohdataan järjestelmien ja teknologioiden integroinnissa, jotka auttaisivat näiden synergiaetujen saavuttamisessa. (Dave, Kubler et al. 2015)

Dave et al. visio pyrkii ratkaisemaan nämä ongelmat. Seuraavaksi esitellään kolme Dave et al. listaamista ongelmista, jotka vaikeuttavat synergioiden toteutumista. Yksi ongelmista on toimitusketjun hajanaisuus rakennushankkeissa. Dave et al. viittaavat aiempiin tutkimuksiin, että viimeisen 30 vuoden aikana rakennusteollisuudesta on tullut entistä enemmän riskejä välttelevä. Usein tästä syystä ulkopuolista alihankintatyötä käytetään paljon projektien toteuttamiseen. Suurien ja keskisuurien toimijoiden osuus aikaisemman tutkimuksen mukaan on vain 0,7 % projektien kokonaisosuudesta. Suurin osuus, jossa suuret ja keskisuuret toimijat toimivat, on rakennuksen rakenteellisiin ominaisuuksiin liitettävät yritykset. (Dave, Kubler et al. 2015) Osuus kuvaa rakennusteollisuuden hajanaistumista ja näin ollen pirstaloitunutta sidosryhmärakennetta projekteissa.

Toinen keskeinen ongelma, jonka Dave et al. listaavat pohjautuen aikaisempiin tutkimuksiin on hajautuneesta toimitusketjusta johtuva yhden toimijan rajoittunut osuus rakennushankkeessa. Tämä johtaa arvon hankintaan arvoketjun ylä- ja alavirrasta. Tämä ohjaa tuotokeskeiseen liiketoimintaan, jossa arvon syntymää määritellään syntyväksi silloin, kun tuote tai palvelu on myyty ja toimitettu asiakkaalle. Dave et al. viittaavat kuitenkin arvon määrittymistä koskien aiempaan tutkimukseen, jossa arvon määrittelmä kuvataan siten, että arvoa syntyy vasta käytön aikana ja resurssien integroitumisessa ja niiden käytössä tietyssä kontekstissa. Esiin nostetaan myös se, että nykyisillä toimintamalleilla on usein epäselvää, kuinka tuotteita käytetään elinkaaren aikana. Informaatiovajeesta johtuvat ongelmat elinkaaren aikana tuotannosta asennukseen ja huoltoon johtavat resurssien tuhlaukseen ja laskevat tällöin kokonaisarvoa. (Dave, Kubler et al. 2015)

Kolmas ongelmakohta, jonka Dave et al. mainitsevat, on tarve suunnitella ja optimoida omistajuuden kokonaiskulut. Aiempiin tutkimuksiin viitaten useimmat suunnittelun vaiheet ja päätökset tehdään eristäytyneessä ympäristössä. Tällöin elinkaarirajattelu ja tämän myötä sen optimointi jää hyvin usein subjektiiviseksi ja vain tiettyä toiminnallisuutta koskeväksi. Tämä on seurausta johtamiseen ja teknologioihin liittyvistä rajoitteista. Suunnittelu perustuu usein suoriin kuluihin ja parhaaseen lyhyen ajan tuottoon. Usein rakennukset ja niiden järjestelmien elinkaari mallinnetaan sovelluksissa. Tällöin syntyy usein kuilu potentiaalisen ja todellisen suorituskyvyn välille. Silloin todellisen suorituskyvyn arviointi on täysin olemassa olevien työkalujen ja menetelmien varassa. Riskinä on, että todellisuudessa paras mahdollinen vaihtoehto jää huomaamatta. Tästä seuraa aiempien tutkimusten mukaan kulujen kasvua alemmalla suorituskyvyllä, joka olisi todellisuudessa mahdollista saavuttaa. (Dave, Kubler et al. 2015)

Tutkimus ehdottaa visiossaan, että tuotantoketjussa kontekstuaalinen tuote ja prosessiin liittyvä tuotetieto linkitetään yhden viitekehyksen alle. Tämä vaatii operoivien toimijoiden kommunikaatiota ja informaation jakamista läpi toimitusketjun. Visiossa tuote kerää informaatiota itsenäisesti esimerkiksi sensoritiedon avulla tai sitä kerätään aktiivisesti käyttäjiltä. Kerättyä informaatiota ja laitteen suorituskykyä voidaan myöhemmin analysoida ja arvioida individuaalisissa ympäristöissä. Ratkaisut, jotka tutkimuksessa esitetään pohjautuvat rakennusten tietomallintamiseen ja esineiden internettiin (IoT, Internet of things) perustuvaan kommunikointijärjestelmään. Mukaan luetaan myös kaikki ne tekijät, prosessit ja ihmiset, jotka liittyvät Lean:in hyödyntämiseen rakennushankkeissa. (Dave, Kubler et al. 2015)

Rakennusten tietomallintaminen esitellään ratkaisuksi edellä esiteltuihin ongelmiin ja sitä pidetään yhtenä sen keskeisimmistä osista. Rakennuksen elinkaaren alussa, suunnitteluvaiheessa tuotteet esiintyvät virtuaalisessa esityksessä ja niihin kytketään samalla URI (*Uniform Resource Identifier*). URI on merkkijono, jolla kerrotaan tietyn tiedon paikka. Se mahdollistaa informaation liittämisen kohteeseen ja sen paikallistamisen myöhempää tarkastelua varten. Tähän samaiseen viitekehykseen voidaan lisätä informaatiota ja sitä voidaan muokata ja jakaa eri sidosryhmien välillä. Yksittäisen tuotteen esimerkiksi ilmanvaihdon komponentin ja siihen liitetyn URI:n ansiosta tuotteen tietosisältöä ei ole tarpeellista sisällyttää sellaisenaan BIM-malliin. (Dave, Kubler et al. 2015)

Sovellusten ja sidosryhmien välillä on suuria eroja informaation sisällössä. Sovelluksesta ja sidosryhmästä riippuen URI:n sisältävä informaatio voidaan suodattaa kunkin ryhmän tarpeisiin soveltuvaksi ja se voidaan tallentaa tai käydä vain luke-massa tietolähteestä. Tämän ansiosta varsinainen rakennuksesta luotava BIM-malli pysyy kevyenä. Tällöin informaatiota on mahdollista sisällyttää malleihin enemmän. (Dave, Kubler et al. 2015)

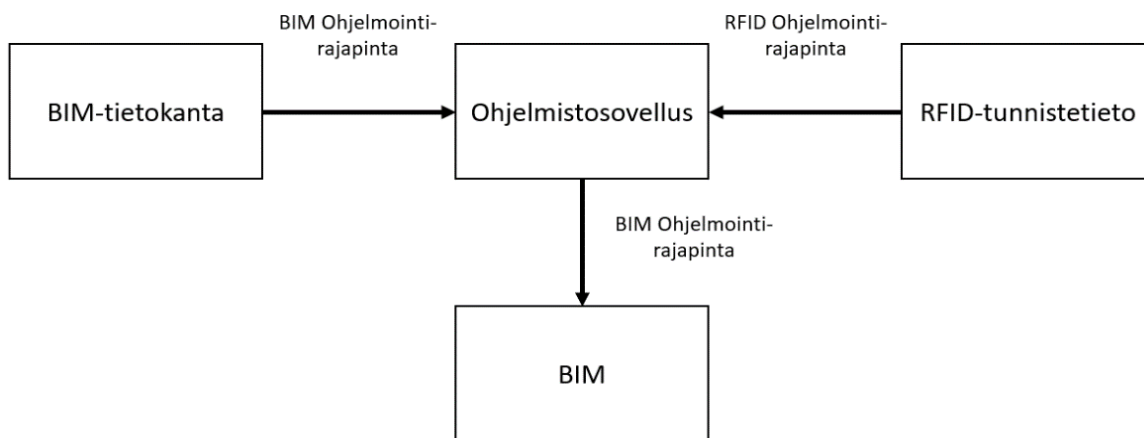
Esineiden internetillä on myös keskeinen rooli Dave et al. tutkimuksen visiossa. Ehdotetussa toimintamallissa esineiden internetin tehtävä on luoda infrastruktuuri yksittäisille tuotteille tai mille tahansa objekteille. Organisaatioilla tai sidosryhmillä projektissa on mahdollisuus luoda URI ja liittää informaatiota siihen. URI:in liitetty informaatio on saatavilla sidosryhmien käyttöön soveltuvan käyttöliittymän kautta. IoT konseptia käytetään nykyisin pääasiassa kuvaamaan fyysisten objektien verkostoa, johon on sulautettu teknologiaa. Tämä mahdollistaa tuotteen kommunikoinnin ja kommunikaation niiden tilasta ulkoisessa ympäristössä. URI:n avulla IoT ja laitteen elinkaaren aikana syntynyt informaatio olisi mahdollista yhdistää ja se olisi kaikkien sidosryhmien käytettävissä. Ehdotus ei ole kuitenkaan täysin ongelmaton. Tutkimuksessa nostetaankin esille, että yksi konseptin haasteista on se, että linkin pitäisi olla toimiva koko tuotteen elinkaaren ajan ja sen täytyisi olla saatavilla läpi vuorokauden. (Dave, Kubler et al. 2015)

Yksi ratkaisu edellä mainittuun ongelmaan voisi olla RFID-teknologioiden mahdollistamat toiminnot ja sen avulla suoritettu informaation hallinta. Tämä ei edelleenkään poista linkkien toimivuusvaatimusta läpi rakennuksen elinkaaren. Näyttää siltä, että URI:n on oltava saatavilla koko ajan. Toisaalta RFID:n avulla laitteen, johon

tunniste on asennettu, ei ole välttämätöntä olla verkossa koko ajan. Tämä mahdollistaa teknologian käytön myös niissä laitteissa tai komponenteissa, jossa IoT-ratkaisut eivät ole mahdollisia tai esineiden internetin infrastruktuurin luominen on liian kallista kuten esimerkiksi vanhoissa järjestelmissä. (Meadati, Irizarry et al. 2010)

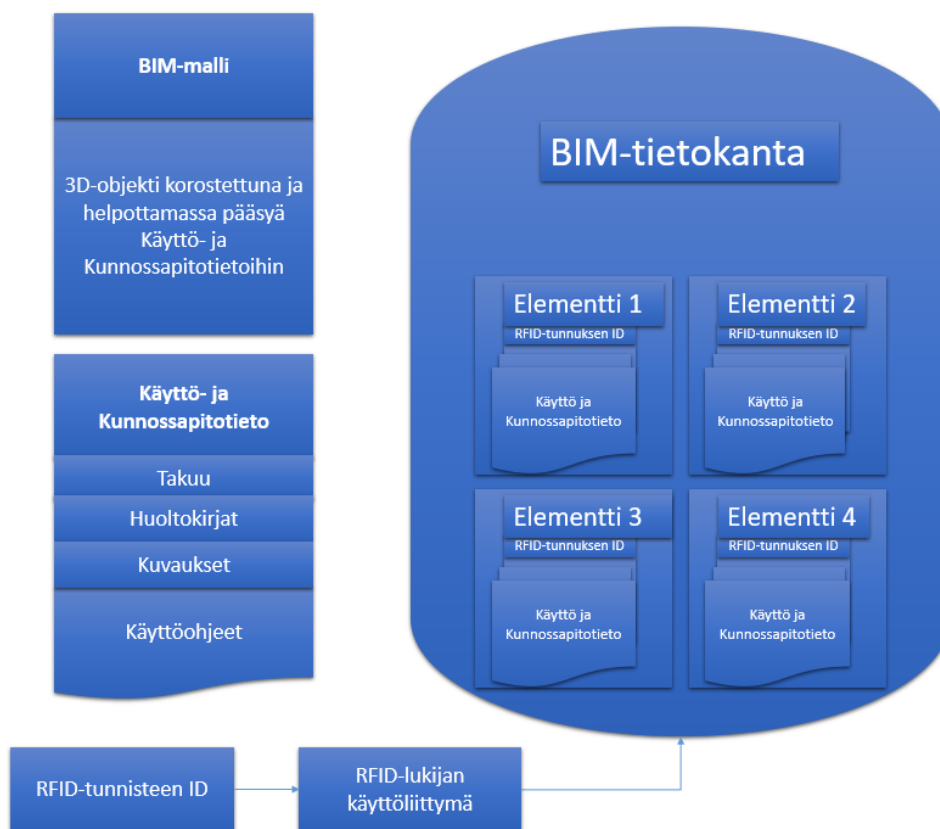
Varsinkin rakennusprosessin huollon ja operoinnin aikana aikaa tuhlataan arvoa tuottamattomiin työvaiheisiin kuten tiedon etsimiseen, validointiin ja ylipäättään sen tavoittamiseen eri järjestelmistä. BIM:n ja RFID:n yhdistämistä on suunniteltu näiden työvaiheiden tehostamiseksi. BIM tarjoaa hyvän alustan informaation tallentamista varten, mutta se kärsii usein mallien raskaudesta. Oikeiden ja ajantasaisten mallien löytämisestä, jotka vastaavat reaali maailman rakennusta, tulee usein työlästä ja aikaa kuluttavaa. Tämä tunnistusvaihe voidaan automatisoida integroimalla BIM- ja RFID-teknologiat yhdeksi kokonaisuudeksi. (Meadati, Irizarry et al. 2010)

Kaavio BIM- ja RFID-ympäristön mahdollisesta rakenteesta on nähtävissä kuvassa 2. Ympäristö on jaettu neljään osaan; BIM-tietokantaan, RFID-tunnistetietoon, Ohjelmistosovellukseen sekä BIM:iin. Kuvatussa ympäristössä ohjelmistosovellus on vuorovaikutussuhteessa BIM-tietokannan ja RFID-tunnistetiedon kanssa ohjelmointirajapinnan (API) kautta. Sovellus käyttää RFID tunnistetietoa elementtien jäljitykseen ja välittää tiedon BIM:iin BIM ohjelmointirajapinnan kautta. (Meadati, Irizarry et al. 2010)



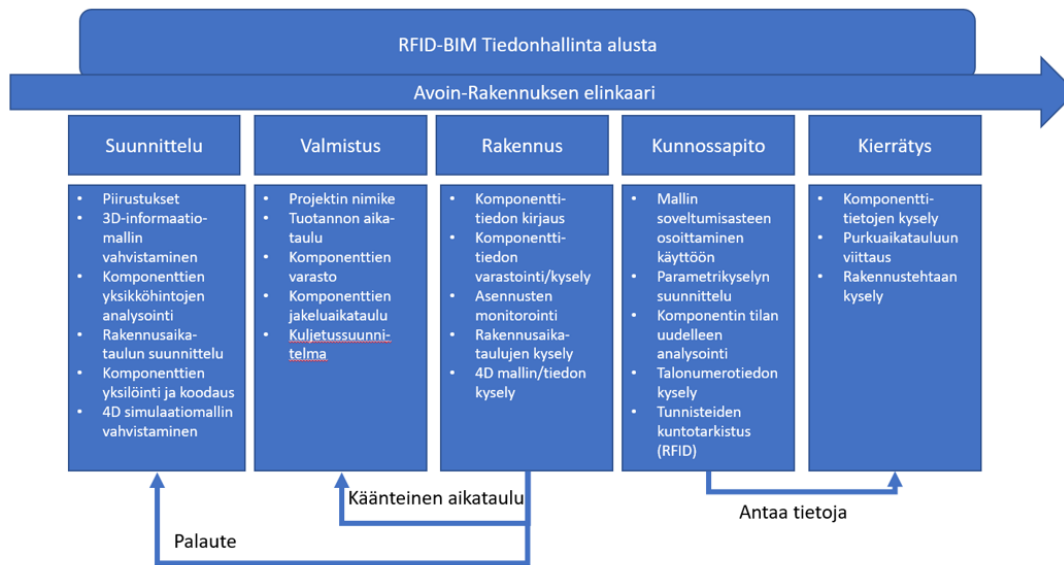
Kuva 2. Komponenttien käsitteelliset vuorovaikutussuhteet BIM-ympäristössä (Meadati, Irizarry et al. 2010)

BIM:n ja RFID:n yhdistämisen johdosta tieto voidaan lukea ja löytää suoraan laitteen vierestä, kun ollaan RFID-lukijan kantamatkan etäisyydellä. Tämä on nähtävissä kuvassa 3, jossa informaatiovirta on havainnollistettu kaaviossa. Siinä RFID-tunniste luetaan lukijalla ja luettu tieto lähetetään BIM tietokantaan. Perustuen RFID-tunnisteen ID:hen BIM-tietokannasta etsitään tunnisteseen sopiva objekti. Hakutulokset näytetään ja korostetaan BIM-mallissa, joka osaltaan helpottaa tarvittavan informaation löytämistä. (Meadati, Irizarry et al. 2010) Mallista huomataan, että tietokokonaisuus, joka palautetietona saadaan ei ole riippuvainen RFID-tunnisteen tallennuskapasiteetista. Tarkoituksena mallissa on säilyttää RFID-tunnisteessa ainoastaan laitteen tai komponentin ID, jonka avulla se voidaan tunnistaa.



Kuva 3. Automatisoitu informaatiovirta BIM- ja RFID-ympäristössä (Meadati, Irizarry et al. 2010)

Edellä esitelty esimerkki on vain yksi osa rakennusten tietomallintamisen ja RFID-teknologioiden yhdistämisen hyödyistä. RFID-BIM konseptia voidaan laajentaa koko rakennuksen elinkaarelle. Cheng ja Chang esittelevät mallin, jossa RFID-teknologiaa käytetään viidessä rakennuksen elinkaaren vaiheessa. Malliin kuuluu suunnittelu-, valmistus-, rakentamis-, huolto- ja kierrätysvaiheet. Teknologia mahdollistaa toistettavat tallennus- ja hakutoiminnot graafisen tai ei-graafisen datan käsittelyssä prosessin hallinnoimiseen tarkoitettussa ympäristössä. (Cheng, Chang 2011)



Kuva 4. Rakennuksen avoin tiedonhallinnan elinkaarimalli (Cheng, Chang 2011)

RFID-BIM konsepti on kuvattu kuvassa 4. Vaikka RFID- ja BIM-teknologioiden integroiminen yksinkertaistaa informaation jakamista rakennuksen elinkaaren aikana, se vaatii täydellisesti toimiessaan useiden eri sidosryhmien omaksumista, jotta edellä esitetty malli kuvassa 4 olisi täydellinen. Järjestelmän toimiessa kokonaisvaltaisesti se mahdollistaa uusia ja yksinkertaisempia tapoja tiedon käsittelyyn niin arkkitehteille, suunnittelijoille, rakentajille kuin omistajillekin. Tällä on mahdollista tehdä merkittäviä parannuksia projektin ja sen prosessien tehokkuuteen sekä mahdollistaa tietojen ajantasaisuus entistä paremmin. (Cheng, Chang 2011)

2.3.1 Parametrinen objekti

Parametrisella objektilla tarkoitetaan rakennusten tietomallintamisessa käytettävää objektia, joka on suorassa vaikutussuhteessa muiden mallissa esiintyvien objektien kanssa. Vaikutussuhteet sidotaan usein vaikutuspiireihin, jotka syntyvät eri objektien välillä syntyvistä liitoksista. Tätä voidaan havainnollistaa ajattelemalla tuloilmahajotinta yhtenä tietomallin objektina ja ilmanvaihtokanavan osaa, johon se on liitetty toisena objektina. Molempien objektien ollessa parametrisia ja esimerkiksi tuloilmahajottimen läpi kulkevan ilmavirran määrää muutettaessa, muuttuvat hajottimen ja kanaviston osan mitat uusien parametrisarvojen mukaisiksi automaattisesti. (Rosen 2010)

Parametrinen objekti määritellään usein sijaintiin ja objektin kokoon liittyvien mukautuvuuksien sisällyttämisellä objektiin. Lisäksi parametrisiin objekteihin liittyviin muutoksiin katsotaan usein sisältyvän pelkästään sijaintiin ja kokoon liittyvien parametrien mukautuvuudet. (Lee, Sacks et al. 2006) Käytännössä muutokset liittyvät useimmiten näihin ominaisuuksiin, mutta edellä mainitun esimerkin mukaisesti parametrinen objektiin muutoksen aiheuttavan parametrin ei välttämättä pidä kuulua

orientaatioon, sijaintiin tai objektien mittoihin. LVI-suunnitteluohjelmissa parametriin objekteihin, kuten kanavistoihin ja putkistoihin vaikuttavia tietoja ovat esimerkiksi kaikki fluidin virtausta kanavistossa tai putkistossa kuvaavat parametrit.

Automatisoiduista toiminnallisuuksista johtuen parametrisia objekteja kutsutaan usein myös älykkäiksi objekteiksi. Määritelmää käytetään useille eri tasoille objekteille esimerkiksi kanaviston osista ilmastointikoneisiin. Perinteisesti objektit pystyvät mukautumaan ulkoisiin muutoksiin muuttamalla dimensiotaan tai orientaatioaan. Toisaalta älykäs objekti voi sisältää perinteisten parametritietojen lisäksi fyysisiin, termisiin tai esimerkiksi elinkaarikustannuksiin liittyviä tietoja, jotka muuttuvat sen kokonaisjärjestelmään tehtyjen muutosten perusteella. Näiden ominaisuuksien avulla voidaan suorittaa analyysyjä ja laskentaa. Yhtenä esimerkkinä tämän tyyppisistä toimista ovat LVI-suunnittelussa suoritettavat kanaviston mitoitusanalyysit. Vastaavia parametrisilla objekteilla ja järjestelmillä tehtäviä analyysyjä ovat energialaskenta, elinkaarikustannuslaskenta (LCC, Life Cycle Costs), aikatauluslaskenta sekä määrälaskenta. (Lee, Sacks et al. 2006)

2.3.2 openBIM

Yksi keskeinen rakennusten tietomallintamisen osa on openBIM-konsepti. Se on universaali lähestymistapa yhteistyönä tehtävän suunnittelun, rakentamisen ja rakentamisen jälkeisen ajan tietojen käsittelyyn. Konsepti on osa buildingSMART:ia ja useat johtavat ohjelmistotoimittajat käyttävät sitä. (buildingSMART a.)

Konseptin tarkoituksena on tukea läpinäkyvyyttä ja avointa työnkulkua tarjoten projektin jäsenille osallistumismahdollisuuden riippumatta ohjelmistoista tai käyttöjärjestelmistä joita he käyttävät. Konseptin tarkoituksena on kattaa koko rakennusprojektin elinkaaren sisältämät vaiheet suunnittelusta huoltoon ja lopulliseen rakennuksen purkamiseen. (buildingSMART a.)

Tekninen ydin konseptissa on IFC-standardi [Industry Foundation Classes], joka on kuvattu käyttöjärjestelmänomaiseksi osaksi buildingSMART:n openBIM-konseptia. Sen tehtävänä on siirtää tietoa. Sitä säädellään ISO 16739 mukaan ja siihen liittyy ifc-tiedonsiirtoformaatti, johon fyysiset tiedostot tallennetaan. Tämän tiedostorakenteen kuuluu olla ISO10303-21 mukainen. (buildingSMART b., c.)

Kokonaisuudessaan buildingSMART:n ja siten myös openBIM-konseptin perusajatus on helpoimmin selitettävissä puhelinanalogialla. Ohjelmassa pyritään kehittämään avoimen tiedon standardi, joka on universaali ja riippumaton sovelluspohjasta, jolla sitä käytetään. Puhelinanalogiassa voidaan ajatella käyttöjärjestelmän tilalla IFC:tä ja siihen asennettavana sovelluksena MVDs:ää (Model View Definitions). Järjestelmä ja sovellus toimivat universaalisti ollen yhteydessä bSDD:hen (data dictionary), joka suorittaa kielenkääntämistyön. Toisin kuin puhelimissa, jossa tietylle käyttöjärjestelmälle luotu sovellus ei toimi millä tahansa puhelimella. Konseptin ideana on, että tämän tyyppisistä rajoittavista tekijöistä päästään eroon, ja IFC pyrkii olemaan neutraali sovelluspohjaan nähden. Tällä tarkoitetaan, että IFC:tä käytettäessä, kaikilla on pääsy monikieliseen kirjastoon, jonka avulla tietoa voidaan jakaa helposti ja sovelluksista riippumattomasti. (buildingSMART b.)

Ohjelman (buildingSMART) viitekehyksen alle on sidottu viisi päästandardia, joiden avulla kenen tahansa on mahdollista luoda sovelluksia ja tuotteita, jotka toimivat universaalisti laitteesta riippumatta. IFC:tä käytetään kuvailemaan ohjelmistoja ja tuotteita, joiden avulla voidaan varmistua yhteensopivuudesta kaikkien muiden yhteensopivien järjestelmien ja BIM-mallien kanssa. (buildingSMART b.)

2.3.3 IFC-standardi

Arkkitehtuurin, teknisen suunnittelun ja rakennusalan projektit sisältävät tavanomaisesti useita eri sidosryhmiä useilta eri toimialoilta. Projekteissa syntyy suuria määriä eri tiedostomuotoista informaatiota, jonka jakamiseen tarvitaan ohjelmia ja ohjelmistoalustoja. Suuren tietomäärän jakamista ei ole edullista, tehokasta tai vielä edes mahdollista toteuttaa manuaalisesti käyttäjien toimesta. Nämä toiminnot on suoritettava automatisoidusti ohjelmistosta tai tiedon sijainnista riippumatta. Tähän tarpeeseen on kehitetty standardi, jolla tiedon jakamisesta pyritään tekemään universaalia ja alustariippumatonta. (Vanlande, Nicolle et al. 2008)

IFC-mallit sisältävät objektikuvaukset tai luokat, ja ne tarjoavat käytännöllisen tietorakenteen tiedonsiirtoa varten eri sovelluksien välillä. Esimerkiksi IFC:n mukaisesti mallinnettu ovi tai muu komponentti ei sisällä ainoastaan viivoja ja geometrioita, joista ohjelmisto tunnistaa sen oveksi. Se sisältää tietokokonaisuuden, joka mahdollistaa mukautumisen oviaukon kokoon sopivaksi. IFC mukaista objektia voidaan kutsua älykkääksi objektiksi, joka pystyy muuttumaan suhteessa ympäristön vaikutussuhteisiin kuten esimerkin tapauksessa esimerkiksi oviaukon kokoon. (Vanlande, Nicolle et al. 2008)

Uusimmalla versiolla (versio IFC 4), on lupaavia ominaisuuksia perinteisistä IFC ominaisuuksista poiketen kuten esimerkiksi törmäystarkastelu ja visualisointi. Sitä on mahdollista soveltaa entistä paremmin monimutkaisemmissa sovelluksissa kuten rakennusten energiatehokkuuteen (BEPS, Building Energy Performance Scenarios) liittyvissä operaatioissa. Samaan aikaan standardisoinnin ja niihin liittyvien mallinnusohjeiden merkitys uusimpien ehtojen mukaisiksi kasvaa. (Vanlande, Nicolle et al. 2008) Vaikka sovellusten tuki kyseistä formaattia/standardia kohtaan lisääntyikin ohjelmistojen sertifiointi tapahtuu pääasiassa IFC2x3 mukaiseksi. (Vanlande, Nicolle et al. 2008) Lista sertifioiduista ohjelmista löytyy tämän työn liitteestä 2, josta voidaan nähdä tämän hetkisen sertifiointin tila (buildingSMART e.). Taulukossa sertifiointimerkintä CV2.0 viittaa formaattiin IFC2x3. Sertifiointimenetelmä IFC4 varten julkaistiin 26.6.2017 ja se on kehitetty aikaisemman sertifiointi ohjelman kokemusten pohjalta. Näin ollen on ymmärrettävää, ettei sertifiointeja uusimpaan versioon ole ennättänyt vielä tulla, koska ohjelmistokehittäjien omaksuminen uutta formaattia kohtaan vie aikaa. On kuitenkin huomioitavaa, että niin buildingSMART:n kuin sovellusten kehittäjienkin tulevaisuuden kehitystyö on kohdennettu kohti IFC4:ää. (buildingSMART d., e.)

Tämän osan lopuksi on hyvä palauttaa mieleen miksi edellä esitettyjen kehityssuuntien ja niiden ominaisuuksien tiedostaminen on laitevalmistajan näkökulmasta tärkeää. Uusimpien toimintamallien omaksuminen on laitevalmistajan kannalta tärkeää, koska toimijana se sijoittuu rakennusprojektin prosessivirran keskelle. Suunnittelu-, rakennus- ja kunnossapitoprosessien kehittyessä kohti BIM-mallintamista

ja uusimpien standardien määrittämää suuntaa on tärkeää huomioida oma asemansa koko prosessin näkökulmasta. BIM-mallintamisen yleistyessä ja siihen liitettävien uusien ominaisuuksien kirjon kasvaessa tulee myös laitevalmistajan olla mukana tässä kehityksessä. Jo pelkästään kilpailukyvyyn ja näkyvyyden takia on tärkeää pysyä mukana rakennusteollisuuden kehityssuuntien mukana. Yhtenä suurimmista eduista voi kuitenkin nähdä buildingSMART:in osoittaman rakennus- ja niihin liitettävien alaprosessien virtaviivaistumisen ja tehokkuuden kasvamisen. (buildingSMART f.)

Paremmat lähtökohdat suunnittelulle tuovat parempia mahdollisuuksia toimittajille heidän omien prosessiensa kehittämiseen. Laitevalmistajan on mahdollista säästää mm. aikaa ja resursseja automatisoitujen tuotevalintojen ja suunnitteluapuvälineiden avulla. Säästö on perusteltavissa resurssien käytön vähenemisellä esimerkiksi asiakaspalveluna tehtävän yksilöidyn neuvonnan vähentymisen myötä. Tämä vaatii kuitenkin sovellusten toimivuuden ja niiden tarjoamien tietokokonaisuuksien sisällön oikeellisuuden varmistamisen ja ylläpidon.

3 Sovelluksien käytön kartoittaminen

Tämän osan tarkoituksena on esitellä tehty selvitys CAD-alustan valinnasta ja sen perusteista kansainvälistymisen näkökulmasta. Tarkoituksena on selvittää esimerkiksi MagiCAD- ja REVIT-pohjaisten lisäosien mahdolliset eroavaisuudet niiden käytössä kansainvälisesti. Selvityksellä pyritään antamaan vastaus kysymykseen, mikä sovelluspohja valitaan objekteja tai lisäosaa varten, kun halutaan suuntautua jollekin tietylle markkinalle maailmassa. Tulokset analysoidaan ja esitetään tarkemmin luvussa 6.

Ohjelmistojen käyttöä kuvaavia tilastoja LVI-suunnitteluohjelmistoista ei tehdyn kirjallisuushaun perusteella löydetty. Laajempia kansallisia vertailuja on sisällytetty mm. Rakennustieto säätiön [RTS] suorittamaan Finnish BIM survey 2013, NBS National BIM Report 2014 [UK] ja IBC National BIM Survey 2013 [CAN] kyselyiden tuloksiin. Ne eivät ole kuitenkaan kohdennettuja tutkimuksia LVI-alan mallinnussovelluksiin. (Rakennustietosäätiö) Tässä työssä tehdyssä kyselytutkimuksessa MagiCAD for AutoCAD osoittautui käytetyimmäksi ohjelmistoksi. Kyselytutkimuksen tuloksiin keskitytään tarkemmin luvussa 6.

3.1 Kirjallisuusselvityksen tavoite

Työssä haluttiin saada laajempi kuva LVI-suunnitteluun käytettyjen sovellusten suosiosta kansainvälisesti. Tuotettua informaatiota on mahdollista hyödyntää esimerkiksi lisäosien tai BIM-objektien luomisen kohdentamisessa. Sillä pyritään helpottamaan oikeiden sovellusten valintaa halutulle markkinalle suuntauduttaessa

Myyntitilastoihin tai käyttäjämääriin liittyviä tietoja voidaan pitää ohjelmistoyritysten liikesalaisuuksiin sisältyvinä tietoina. Näin ollen tietoaineistoa ei tässä kohtaa tutkimusta pystytty luotettavista lähteistä suoraan selvittämään. Lisäksi markkinoita dominoivan yrityksen tarjotessa useampia sovelluksia LVI-suunnitteluun sekä sen sovelluksille tehtävien lisäosien dominoidessa osaa markkinoista on vaikeaa tehdä päätelmiä niiden liikevaihdon perusteella.

Suorien tietolähteiden tuottaessa ongelmia selvityksessä päätettiin lähestyä selvitystyötä epäsuorasta näkökulmasta. Lähteenä käytettiin tässä toteutustavassa Google Trends -palvelua, josta etsittiin yksittäisten hakusanojen ilmentyvyyden eroavaisuuksia kansainvälisesti. Tämän arvioitiin olevan hyvä indikaattori, ohjelmiston kiinnostavuudesta yleisellä tasolla. Näin voitaisiin mahdollisesti määrittää ohjelmistoon liittyvä kiinnostuneisuuden määrä Googlen palveluiden käyttäjien keskuudessa. Kyse on yksittäisestä hakukoneesta ja siksi on huomioitavaa, että tulokset eivät kata koko maailmaa. Tämä johtuu siitä, että osa valtioista estää palveluun pääsyn. Tällä ei kuitenkaan uskota olevan tutkimuksen kannalta suurta merkitystä.

3.2 Kirjallisuusselvityksen toteutus

Google Trends -palvelu antaa reaaliaikaisen indeksin kysymysten määrästä ja niiden suhteesta, joita käyttäjät päättävät hakukoneeseen syöttää. On osoitettu, että kyselyt jotka tehdään hakukoneella korreloivat usein useiden ekonomisten indikaattorien kanssa ja voivat olla käytännöllisiä lyhytaikaisten ekonomisten olettamusten

tekemisessä. Kuitenkaan ei voida sanoa, että Google Trends tuottaisi informaatiota, jonka avulla voitaisiin tehdä ehdottoman luotettavia päätelmiä tulevaisuudesta. Palvelua voidaan kuvailla informaation tarjoamiseksi menneisyydestä. Tämän tiedon perusteella siitä voi olla apua tämän hetkisen tilanteen kuvaamisessa kyseiselle hakutermitte. (Choi, Varian 2012)

Google Trends -palvelua voidaan käyttää analysoimaan esimerkiksi mediahuomiota. Sitä käytetään myös tehtyjen hakujen suosiota kuvattaessa valitulla ajan jaksolla. Yksittäinen haku voidaan jäljittää ja sijoittaa kaupunki- tai aluekohtaisesti hyödyntämällä Googlen palvelimelle jäävää lokitietoa, johon tallentuu mm. käyttäjän IP-osoitteiston (Internet Protocol address) tietue. (Rech 2007) Tässä kohtaa on huomioitavaa, että käyttäjän käyttäessä jotakin välityspalvelinta, jonka kautta hän liittyy Googlen hakukoneeseen, on mahdollista, että IP-osoitteisto ei vastaa käyttäjän fyysistä sijaintia. Toisaalta olettaen, että välityspalvelut ovat yritysmaailmassa yritysten itsensä työntekijöilleen tarjoamia. Yrityksen sisäisenä palveluna niiden IP-osoitteistot sijoittuvat usein samaan maahan, jossa tämän selvityksen tapauksessa suunnittelija työskentelee.

Selvityksen alussa oli määritettävä, mitkä sovellukset olivat ylipäättään vertailukelpoisia ja kuinka hakusanat oli muotoiltava, jotta vertailuun ei aiheutettaisi varianssia lähtökohtaisesti kysymyksen asettelulla. Lopulta päätettiin käyttää ohjelmistojen rekisteröityjä tuotenimiä, jotta ei asetettaisi eri ohjelmistoja eri arvoiseen asemaan tietoineiston keräämisessä.

Ohjelmat, jotka lopulta valittiin vertailuun, löydettiin Web-pohjaiseen hakuun perustuen ja tutkimalla tämän osan alussa mainittuja BIM-kyselyitä. Lisäksi valikointiin vaikutti se, että niillä tehtiin samankaltaisia suunnittelun vaiheita kuin Suomessa käytetyssä MagiCAD:ssä. Suomessa MagiCAD toimii enemmistöllä AutoCAD alustalla. MagiCAD:stä on saatavilla Revit-versio, joka ei ole saavuttanut tässä tutkimuksessa teetetyn kyselytutkimuksen perusteella suurta suosiota Suomessa.

Hakusanoiksi joilla lopullinen vertailu tehtiin, valikoitui viisi ohjelmistoa;

- Revit MEP
- MagiCAD
- AutoCAD MEP
- Graphisoft MEP modeler
- CADS HEPAC

Ohjelmistojen valinnassa on huomioitavaa, että MagiCAD:iä ei ole eritelty AutoCAD tai Revit versioiksi, koska alustavien kokeilujen perusteella käyttäjät hakevat sitä pelkällä MagiCAD hakusanalla ilman for AutoCAD tai for Revit -liitettä. Tästä johtuen MagiCAD-versioiden suosiosta tai sovellettavuudesta tehtävät päätelmät tehdään Revit MEP ja AutoCAD MEP perusteella. Tästä voidaan saada kuva ainakin otollisesta markkinasta ohjelmistopohjan suhteen, jos sen suosio on merkittävästi toista suurempi.

Lopuksi valikoiduilla hakutermeillä tehtiin yhteishaku Google Trends -palvelussa. Hauista saatiin esiin ne maat, joissa ainakin yksi hakutermi on ollut käytössä. Tässä on otettava huomioon ne valtiot, jotka estävät kansalaisten pääsyn Googlen palveluihin. Näihin valtioihin tai niiden käyttömääriin ei oteta merkittävää kantaa tässä selvityksessä.

4 Kyselytutkimus

Tässä osuudessa tarkastellaan kyselytutkimuksen toteutusta ja esitellään siitä saatuja tuloksia. Kysely tehtiin koskien rakennusten tietomallintamista osana LVI-suunnittelijan työtä. Tavoitteena on kerätä tietoa rakennusten tietomallintamisen tilasta suomalaisissa LVI-suunnittelutoimistoissa. Tutkimuksen kohderyhmään on otettu mukaan niin LVI-suunnittelijat kuin alan opiskelijatkin. Opiskelijoiden ottaminen mukaan kyselyyn perustellaan sillä, että suuri osa työskentelee jo suunnittelutoimistoissa. Heidän avullaan voidaan saada uudenlaista näkökulmaa BIM-maailmasta. Samalla voidaan vertailla käsityksiä kokeneemman ja vasta alalle saapuvan suunnittelijan välillä. Heidän osuutensa ja näkemyksensä on tärkeä huomioida, sillä he ovat tulevaisuudessa toimijoita, jotka kehittävät ja käyttävät tietomallintamista yhä enemmän. Toteutettu kyselytutkimus ja sen määrälliset tulokset ovat nähtävissä liitteessä 1.

Kyselytutkimusta suunniteltaessa tulee määrittää tavoitteet, jotka ovat kyselyn tuloksista mitattavissa. Tämän jälkeen suunnitellaan kyselyn aikataulu, määritellään kysymykset, kysymystapa ja käytettävä kyselyinstrumentti. Kyselyinstrumentti validoidaan teettämällä pieni testikysely pienellä joukolla vastaajia. Tämän osan tarkoituksena ei ole vielä kerätä informaatiota aihealueesta vaan lähinnä kokeilla kyselytavan toimivuus ja kysymyksen asettelut ja yksiselitteinen ymmärrettävyys. Tämän jälkeen tehdään lopullinen päätös kohderyhmän koosta ja päätetään kyselyn kesto. Näiden osuuksien jälkeen kysely käynnistetään saman aikaisesti kaikille vastaajille ja kyselyn loputtua tulokset analysoidaan ja raportoidaan.

Kyselytutkimuksen referenssinä käytettiin Rakennustietosäätiö RTS sr:n teettämää Finnish BIM survey 2013 -kyselyä. Kysely erosi esimerkiksi kohderyhmän osalta tämän työn kyselyyn verrattuna, joka käsitti laaja-alaisesti suomalaisen rakennusteollisuuden toimijat. Lisäksi kyselyssä ei huomioitu opiskelijoita, jotka tämän dokumentin kyselyssä huomioidaan. Lisäksi kyselyn lähtökohtana oli katsaus rakennusteollisuuteen kokonaisuudessaan, kun taas tämän työn lähestymistapa on ennemminkin laadittu laitevalmistajan näkökulmasta. Kyselyä käytettiin kuitenkin tässä työssä teetetyn kyselyn kysymysten asettelun tukena ja oikeiden kysymysten löytämisen apuna. (Finne C., Hakkarainen M., Malleson A. 2013)

4.1 Kyselytutkimuksen määritteleminen

Kyselyn määrittelemisessä sovellettiin Pfleeger et al esittämiä kyselytutkimuksen määrittelemisen askelmia. Heidän mukaan kyselytutkimuksella ei tarkoiteta vain välinettä (kysymyslomaketta tai tarkistuslistaa) informaation keräämiseksi. Se on kattava menetelmä informaation keräämiseksi tietämyksen, asenteiden ja käyttäytymisen kuvailemista, vertailemista ja selittämistä varten. Näin ollen kyselytutkimuksen väline tulee nähdä osana suurempaa kyselytutkimusprosessia. Sille on selvästi määritellyt toiminnot, jotka ovat nähtävissä taulukossa 2. (Pfleeger & Kitchenham 2001.)

Taulukko 2. Kyselyn määrittelemisen (Pfleeger & Kitchenham 2001.)

1. Tarkoin määritellyt ja mitattavissa olevat tavoitteet
2. Kyselytutkimuksen hahmotteleminen ja aikataulutus
3. Riittävien resurssien varmistaminen
4. Kyselytutkimuksen suunnitteleminen
5. Tiedonkeruulinstrumentin (kysymyslomakkeen) valmistelu
6. Käytettävän instrumentin/välineen validointi
7. Vastaaajien valitseminen
8. Kyselyn suorittaminen
9. Datat analysointi
10. Tulosten raportointi

Kohdat 1 ja 2 esitellään tarkemmin luvuissa 4.1.1 ja 4.1.3. Pää tavoitteena oli suunnittelijoiden vaatimuksien selvittäminen käytettävältä sovellukselta. Aikataulu määrytyi hyvin paljon jo ennalta määritellyn kokonaistutkimuksen keston perusteella ja kyselyn suunnitteluun varattiin aikaa noin yksi kuukausi. Riittävien resurssien varmistaminen otettiin huomioon testausvaiheen myötä koetun ensimmäisen version liian raskaan toteutustavan myötä. Toisessa suunnitteluvaiheessa kyselyn toteutustavaksi valittiin verkkopohjainen lomake, jonka jakaminen ja jälkikäsitteily olisi huomattavasti kevyempää verrattuna tekstipohjaisesta aineistosta tehtävään analyysiin. Alkujaan syynä haastattelupohjaiseen kyselytutkimuksen perustamiseen oli sen laajemmat mahdollisuudet kysymysten ja lisäkysymysten esittämiseen. Nämä keskustelut olisivat mahdollisesti antaneet syvemmän kuvan todellisesta suunnittelutyöstä ja sen tarpeista. Kuitenkin nopeasti tuli selväksi, että tämä veisi liian paljon aikaa niin suunnittelijalta kuin tulosten käsittelijältäkin. Lisäksi tilastollinen käsittely olisi ollut vaikeampaa kohderyhmän jäädessä pienemmäksi. Tästä päätettiin edellä mainituista syistä luopua ensimmäisten testien jälkeen.

Kun tämän kyselytutkimuksen määrittelemistä ja suunnittelua ajatellaan kokonaisuutena, voi yllä esitetty listaus antaa hierarkkisuuudessaan harhaan johtavan kuvan todellisesta kyselytutkimuksen suunnittelusta. Kokonaisuudessaan prosessi ei etene portaittain, vaan sillä on palautevaikutuksia, jotka eivät listauksesta ilmene. On syytä muistaa, että listaus on työn kannalta ennemminkin muistilista, jotta kaikki sen sisältämät osa-alueet tulisi otettua huomioon. Sen ei ole tarkoituskaan antaa kuvaa kyselytutkimusprosessin etenemisestä, vaikka siinä on nähtävissä piirteitä myös siitä.

Ensimmäisessä vaiheessa kysely oli Word-pohjainen dokumentti, jota testikappaleena jaettiin yrityksen myynnin kautta suunnitteluyritysten yhteyshenkilöille. Testausvaiheessa avoimia lomakkeita lähetettiin noin 20 < suunnittelijalle ja vastauksia näihin saatiin vain kourallinen. Tässä ongelmana oli, että toimittamisessa käytettiin välikäsiä ja ne toimitettiin lomake muotoisina sähköpostitse. Lisäksi vastaajalle perusteltiin huonosti kuka kyselytutkimuksen teettää ja mihin tarkoitukseen sitä käytetään. Lisäksi sen täyttäminen ja jälkikäsitteily koettiin työlääksi. Haastatteluihin oli

myös vaikea päästä, joten testausvaiheesta saatujen kokemusten perusteella päätettiin valita kyselyn toteuttamiseen toinen lähestymistapa. Palautteesta ja vastausprosentista johtuen kysely päätettiin lopulta toteuttaa verkkolomake-pohjaisena.

Kun kyselylle oli asetettu tavoitteet, toteutusaikataulu ja ensimmäinen testikysely oli suoritettu, aloitettiin verkkopohjaisen kyselylomakkeen vedostaminen. Kyselyn alkuun haluttiin sijoittaa vastaajan itsearviointiin ja asenteisiin liittyvät yksinkertaiset kysymykset. Tällä pyrittiin vaikuttamaan vastaajan mielikuvaan kyselystä. Samalla pyrittiin välttämään negatiivisen mielikuvan muodostuminen kyselystä ja sen työllistävyydestä. Vastaaajaa pyrittiin motivoimaan näyttämällä prosentuaalisesti kyselyn eteneminen. Tällä ajateltiin olevan vaikutusta positiiviseen mielikuvaan kyselyn pituudesta. Kyselyn keskivaiheille sijoitettiin kysymykset, jotka vaativat vastaajalta hieman enemmän pohdintaa, tietotaitoa ja järjestelmäosaamista. Kyselyn loppuun sijoitettiin personoivia kysymyksiä vastaajasta, joka koettiin suunnitteluvaiheessa kevyehköksi lopetuksesi kyselylle. Tähän päädyttiin tutkimalla Tampereen yliopiston Yhteiskuntatieteellisen tietoarkiston periaatteita lomakkeen rakenteesta ja sisällön loogisuudesta. (KvaliMOTV)

Avoimia kysymyksiä pyrittiin välttämään. Avoimet kysymykset luokiteltiin lisäinformaatiota tuottaviksi ja niiden vaikutus kyselyn lopputulokseen ei saanut olla merkittävässä osassa. Avoimia kysymyksiä päätettiinkin käyttää ainoastaan kysymyksissä, jotka eivät ole elintärkeässä osassa kyselyn kannalta, mutta jotka hyvän vastauksen tultua voisivat antaa paremman käsityksen suunnittelijan tarpeista. Avomiksi kysymyksiksi valikoituivat kysymykset, joille oli erittäin vaikeaa muodostaa valmiita vastausvaihtoehtoja. Niitä käytettiin myös monivalintojen yhteydessä vapaasti täytettävänä kenttinä, jos vastaaja koki haluavansa täydentää vastaustaan.

Viimeinen luonnos testattiin ennen kyselyn laittamista yleiseen jakeluun. Viimeinen testaus suoritettiin yrityksessä sisäisesti ja siinä arvioitiin mm. kyselyn ulkoasu, täyttämiseen kulunut aika ja tekninen toimivuus. Tässä testissä ilmeni monivalintakysymyksissä ollut virhe, jossa vastaajalla oli mahdollisuus vastata vain yhteen kysymyksistä. Kysely päivitettiin ja kysymystyyppien asetuksia muutettiin siten, että virheet toimivuudessa eivät olleet enää esteenä kyselyn sujuvalle täyttämislle.

Kysely päätettiin julkaista sähköpostitse saatekirjeineen kaikille kohderyhmän jäsenille. Huomioitavaa tässä oli vastaajien anonymiteetin säilyttäminen, joka tuli huomioida ryhmäsähköpostia lähetettäessä sekä kyselyn asetuksissa. Lisäksi kyselylinkkiin liitettiin eväste, joka rajoitti osaltaan vastaamisen useampaan kertaan. Tämä rajoite oli mahdollista kiertää, mutta tätä ei nähty todellisena uhkana ottaen huomioon keskimääräisen vastaajan kiireisen arjen.

4.1.1 Tavoite

Tämän työn kyselytutkimuksen tavoitteiksi asetettiin suunnittelijoiden vaatimuksien selvittäminen käytettävältä sovellukselta. Käytettävällä sovelluksella tarkoitetaan esimerkiksi CAD-ohjelmiston yhteyteen asennettavaa, valmistajan tarjoamaa tai muuta suunnittelua helpottavaa lisäosaa. Muitakaan vaihtoehtoisia toteutustapoja ei rajattu pois työn rajauksessa, koska ei vielä tiedetty parasta mahdollista toteutus-

tapaa. Toisena tavoitteena oli kerätä tietoa ja kokemuksia rakennusten tietomallintamisesta yleisellä tasolla suomalaisessa LVI-suunnittelussa. Kyselyn lähtökohtana on selvittää enemminkin asenteita suunnittelusovelluksia kohtaan ja toiveita niiden kehityssuuntiin. Lisäksi halutaan saada yleiskuva siitä, mihin suuntaan rakennusten tietomallintaminen on kehittymässä ja mikä on sen nykytila suomalaisissa suunnittelutoimistoissa. Lisäksi halutaan selvittää, onko nuoremman ja kokeneemman sukupolven välillä merkittäviä asenteellisia eroavaisuuksia tietomallintamista kohtaan.

4.1.2 Työkalu

Kyselytutkimuksen alustaksi valikoitui nopean työkalukartoituksen jälkeen Webropol-alusta. Yhtenä vaihtoehtona oli mm. Google Forms, mutta Webropol valikoitui työkaluksi laajempien analysointi ja kysymysten muotoilutoimintojen takia. Kysely pyrittiin suunnittelemaan siten, että sen tekemiseen menisi aikaa noin viisi minuuttia, jotta täyttämisen kestosta ei tulisi suunnittelijalle liian suurta kuormitusta työpäivään. Lisäksi kysymykset pyrittiin pitämään mahdollisimman yksiselitteisinä ja johdattelemattomina. Kysely validoitiin pienellä ryhmällä suunnittelijoita ja yrityksen sisäisiä toimijoita. Tämän jälkeen kyselyä muokattiin validointiryhmän vastauksiin ja palautteeseen perustuen. Kyselyjakson lopulliseksi kestoksi päätettiin noin kolme viikkoa. Kyselyn sulkeuduttua kolmen viikon jälkeen kysymyksiin ei ole enää mahdollista vastata. Tulokset raportoidaan ja analysoidaan tämän luvun seuraavissa osissa.

4.1.3 Aikataulu

Kyselyn aikataulu määräytyi hyvin paljon jo ennalta määritellyn kokonaistutkimuksen keston perusteella. Kyselyn suunnitteluun varattiin aikaa noin yksi kuukausi. Kuukauden aikana toteutettiin kyselyn kokonaissuunnittelu ja sen testaaminen. Suunnittelu ja ensimmäiset testaukset toteutettiin helmikuussa 2018. Maaliskuu oli varattu kyselyn toteuttamista varten, mutta ongelmien ja suunnittelun viivästymisen myötä maaliskuun alku käytettiin vielä kyselyn paranteluun. Alkujaan suunnittelussa oli kyselyn toteuttaminen henkilökohtaisesti sähköpostin ja tapaamisten kautta, mutta tämä osoittautui nopeasti liian raskaaksi. Lopulta kyselyn kestoa ei määritelty muutoin kuin, että sen enimmäiskestoksi asetettiin kolmen viikon pituinen jakso. Päätettiin, että kysely saatettiin sulkea jo aiemmin, jos vastauksia ei enää tulisi useampana päivänä peräkkäin. Tämä perusteltiin sillä, että on tarpeetonta pitää kyselyä avoimena, jos sen käyttö ei ole aktiivista. Lisäksi tähän vaikutti myös se, että alussa päätettiin olla hyödyntämättä muistutusviestejä, joilla mahdollisesti olisi ollut positiivinen vaikutus vastausprosenttiin. Haluttiin kuitenkin olla hienotunteisia ja välttää suunnittelijoiden ylimääräiseltä häirinnältä muistutusviestien muodossa. Tässä kohtaa on muistettava, että kyselyyn vastaaminen on ylimääräistä työtä suunnittelijalle ja näin ollen sen tulee perustua vapaaehtoisuuteen ja aiheuttaa mahdollisimman pieni häiriö suunnittelijan arkeen. Näin voidaan välttää vastauksilta, jotka tulisivat pakotetussa ilmapiirissä ja näin ollen vastausten vääristymiltä on mahdollista välttää paremmin. Tämä päätös perustui yrityksen sisällä pidettyihin aivoriisiin, joiden antamaa suuntaa päätettiin lopulta noudattaa kyselyn toteutuksessa.

4.2 Kyselytutkimuksen toteutus

Kysely lähetettiin LVI-suunnittelijoille ja LVI-alalle suuntautuville opiskelijoille. LVI-suunnittelijoiksi ryhmiteltäviä vastaajakandidaatteja oli kyselyn julkaisuhetkellä 652. Kysely julkaistiin Webropol-alustalla ja se välitettiin suunnittelijoille sähköpostitse henkilökohtaisiin osoitteisiin. Osoitteisto saatiin yrityksen valintaohjelmasta käyttäjätunnusten perusteella. Vastaajan määrittäminen suunnittelijaksi toteutettiin suodattamalla otannasta pois ne käyttäjät, joiden sähköpostiosoitteet viittasivat muuhun kuin suunnittelutoimistoihin. Lisäksi rajattiin pois ne suunnittelijat, jotka eivät olleet vierailleet valintaohjelmassa aktiivisesti. Perusteluna tälle on se, että tutkimuksessa haluttiin painottaa aktiivisinta osaa yrityksen sidosryhmästä, joiden päivittäisen työn helpottamiseen tällä tutkimuksella pyritään. Opiskelijoiden osalta kysely lähetettiin opiskelijatoimistoihin jaettavaksi siitä syystä, että opiskelijoita edustavilla toimijoilla ei ole oikeutta luovuttaa yksityisiä osoitteistoja ulkopuolisille toimijoille. Tämä huomioitiinkin jo ennen varsinaisen kyselyprosessin käynnistämistä. Opiskelijoiden osalta koulujen edustajiin otettiin erikseen yhteyttä, jotta häiritsevältä viestinnältä vältyttäisiin ja kysely saataisiin toimitettua todellisiin osoitteistoihin.

Kysely välitettiin osallistujille sähköpostitse, johon oli sisällytetty avoin linkki verkkopohjaiseen Webropol-kyselylomakkeeseen. Avoimeen linkkiin oli sisällytetty Cookie-tiedosto, joka estää useamman vastauksen antamisen oletusselaimella. Käytännössä on siis mahdollista, että vastaajan poistaessa Cookie-tiedostot selaimesta tai käytettäessä linkkiä useammalla selaimella on saman käyttäjän mahdollista vastata kyselyyn useamman kerran. Toisaalta huomioon ottaen LVI-suunnittelumaailman hektisyyden tätä ei nähdä suurena ongelmana kyselyn tulosten kannalta. Pikemminkin hektisyydestä johtuen kyselyn julkaisuhetkellä suurempana uhkana nähdään se, onko suunnittelijoilla ylipäänsä aikaa vastata kyselyyn. Useammassa testivastausmittauksessa kyselyn täyttämisen kestoksi on osoittautunut noin viisi minuuttia. Tämän toivotaan edesauttavan kyselyaktiivisuutta.

4.2.1 Vastausinnokkuus

Kyselyn sulkeuduttua lopulliseksi vastausprosentiksi jäi 26 prosenttia. Tämä osuus käsittää ne suunnittelijat, joihin oltiin yhteydessä henkilökohtaisella sähköpostilla. Opiskelijoiden vastauksia kyselyyn tuli 14 kappaletta. Yksi vastaaja jätti vastaamatta valmistumiseen liittyvään kysymykseen. Vastausten kokonaismääräksi tuli näin ollen 144. Vastausten yleisellä katsannolla lomaketta täytettiin ahkerasti ja avoimiin kysymyksiin vastattiin odotuksiin nähden aktiivisesti.

4.2.2 Taustatietoja vastaajista

Kun puhutaan vastaajista ja vastaajien osuuksista tarkoitetaan yksittäisen kysymyksen vastaajista koostettua otosta. Kyselyn täyttämisen helpottamiseksi vastaajalle jätetään päätösvalta siitä, mihin kysymyksiin hän haluaa vastata. Tällä pyrittiin ennalta ehkäisemään pohtimatta tehtyjen valintojen määrää, ja mahdollistamaan eri tasoisten vastaajien osallistuminen kyselyyn. Liitteessä 1 on nähtävissä vastaajien kokonaismäärät kysymyksittäin eroteltuna tarkastelua varten.

Kyselyyn vastanneista suurin osa oli jo valmistunut tutkintoon (90,21%). Suurin osa heistä oli ammattikorkeakoulun käyneitä (65,97 %) ja seuraavaksi suurin osa oli jonkin korkeakoulun käyneitä (19,44 %). Vastaajista 37,06 % oli 20–30 -vuotiaita ja 37,76 % oli 30–40 -vuotiaita. Kokemusta LVI-alalta oli suurimmalla osalla enemmän kuin 10 vuotta.

Suurin osa vastaajista työskentelee vain Suomeen sijoittuvissa suunnittelutehtävissä (52,45 %). Toinen enemmistö työskentelee globaaliin liiketoimintaan keskittyvissä yrityksissä (30,77 %). Personoinnissa oli mukana myös vaihtoehtoina Eurooppaan tai Pohjoismaihin suuntautuvat suunnittelutehtävät, mutta näiden ryhmien osuus jäi molemmissa tapauksessa pieneksi (< 10 %).

Yrityksistä, joissa suunnittelijat työskentelivät enemmistö oli suuryrityksiä, henkilöstömäärään perustuen (Suomen Yrittäjät 2018). Varmuudella ainakin 52,82 % vastaajista työskenteli suuryrityksissä. Tämä jaottelu ei ole absoluuttinen johtuen määritelmän ja kyselyssä käytetyn jaottelun eroavaisuuksista. Yleiskuva yrityksistä, joiden suunnittelijat ottivat osaa kyselyyn, on kuitenkin varsin selvästi nähtävissä.

5 Valintaohjelmassa tehdyt valinnat

Tämän osan tarkoituksena on tarkastella yrityksen olemassa olevan valintaohjelman käyttöä ja tutkia millä tavalla laitevalintoja tehdään. Laitevalmistajan valintaohjelmassa laitevalinnan ja siihen liittyvät mitoitus tekee useimmiten LVI-suunnittelija. Kaikissa tapauksissa suunnittelijan laitevalinta ei johda laitetilaukseen tai se ei ole kokonaisvaltaisesti tehdyn tuotetilauksen mukainen. Tämä johtuu usein siitä, että tuotevalinnan ja tuotetilauksen tekevät eri tahot.

5.1 Parametritarkastelun tavoite

Päätavoite tässä selvityksessä on kehittää suunnitelma CAD-lisäosaan sisällytettävistä parametreista tai vastaavasti antaa suuntaviivoja nykyisen valintaohjelman tuotekehitykseen liittyen. Lisäksi tiedon esittämisjärjestykseen ja tapaan jolla se esitetään pyritään etsimään ratkaisumalleja, jotta suunnittelijan käyttökokemus olisi nykyistä valintaa koskien suoraviivaisempi ja helpommin omaksuttava. Lisäksi tavoitteena on saada nykyisten valintaohjelman tarjoamien valintavaihtoehtojen koostumus vastaamaan paremmin suunnittelijoiden tarpeita.

Tämän työn ja siihen liittyvän tutkimuksen kannalta on kuitenkin oleellisempaa se, kuinka suunnittelijat valintoja suorittavat. Tarkastelun kohteena ovatkin suunnitelmissa suosituimmat laitteet. Lisäksi tarkastellaan mitkä laitteiden lisävarusteista toistuvat useimmiten. Tässä työssä puhallinpattereiden lisävarusteita ovat mm. erilaiset suojakuori, imukammio, säädin ja venttiilivaihtoehdot. Lisäksi työssä lisävarusteisiin käsitetään kuuluvaksi myös ne laitekonfiguraatiota muuttavat vaihtoehdot, kuten esimerkiksi korkeaversio ja kätisyys, jotka eivät intuitiivisesti olekaan perinteisiä puhallinpattereiden lisävarusteita. Näiden lisävarusteiden mukaan ottaminen johtuu yrityksen valintaohjelman parametrien käsittelytavasta. Nämä poikkeukselliset lisävarustevalinnat valitaan ja tilastoidaan samaan tapaan kuin perinteisetkin lisävarusteet. Tästä syystä ne katsotaan kuuluvaksi lisävarustevalikoimaan, johon tarkastelu on päätetty suunnata.

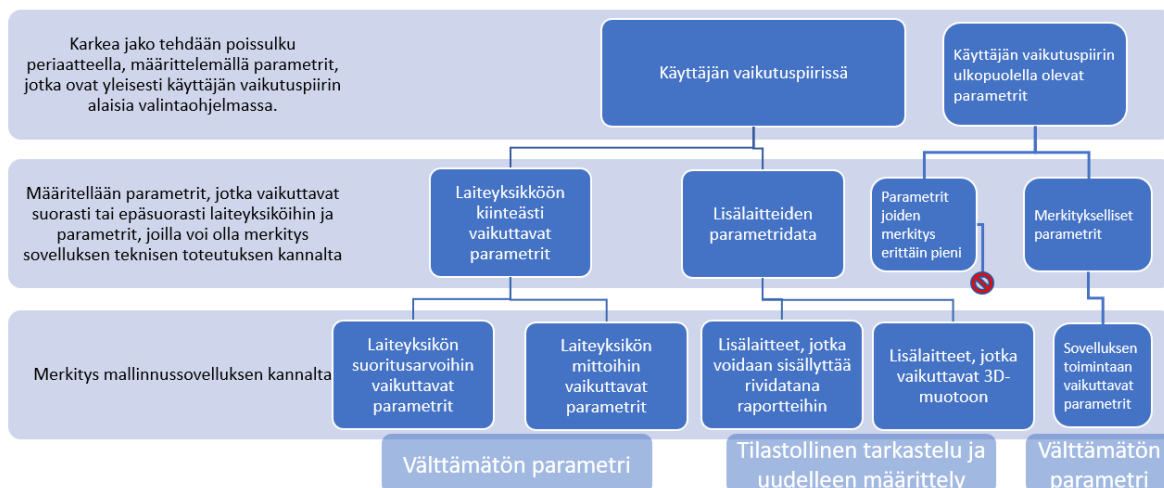
Lisäksi työssä tehdään katsaus valintaohjelman käyttäjämäärien kehitykseen alkua ajankohdasta, jolloin nykyinen valintaohjelma on otettu käyttöön. Huomioitavaa on, että laitteissa ja valintaohjelmassa on tänäkin aikana tapahtunut normaaliin tuotekehitykseen kuuluvaa kehitystä. Näin ollen valintaohjelman sisältö ei ole ollut tarkastelujaksolla täysin vakio. Tästä syystä tarkastelun koskiessa etenkin lisävarusteita on tarkasteltava lyhyempää ajan jaksoa, joka kuvaa tämän hetkistä laiteportfolioa tarkemmin.

Yrityksen suunnittelijoiden ja sisäisten toimihenkilöiden käyttöön suunniteltu verkko-pohjaisen valintaohjelman tarkoituksena on helpottaa niin suunnittelijoiden kuin sisäisten toimihenkilöidenkin laitevalintojen tekoa. Siinä voidaan määritellä täydellinen laitekokoonpano ja tehdä mitoituslaskelmat vaadittujen suoritusarvojen perusteella. Se tarjoaa myös dokumenttitietoa laitteiden mittakuvista sähkökytkentöihin ja suoritusarvolaskelmiin. Käyttäjän tekemät valinnat tallennetaan tietokantaan oliontunnisteiden alle, josta valinta on myöhemmin jäljitettävissä esimerkiksi yksittäiseen

mitoitustulokseen perustuvaa myyntiä varten. Tietoaineistosta saadaan valmiit mitoitustiedot kuhunkin kokoonpanoon, jonka perusteella tuotannossa on mahdollista tehdä tehdasasetusten säätö yksilöidysti kohdennettuna tuoteryhmälle tai yksittäiselle laitteelle. Tämä järjestelmä toimii osana yrityksen tuotetiedon hallintajärjestelmää.

5.2 Käyttäjävalintojen parametriluokittelu

Ennen varsinaista tilastollista tarkastelua luotiin hierarkiatasot perustuen parametrien merkitykseen CAD-lisäosan kannalta. Tämä hierarkiatasoihin jako on nähtävissä prosessikaaviona kuvassa 5. Käytössä olevat parametrit jaetaan aluksi ryhmiin sen perusteella onko valintaohjelman käyttäjällä mahdollisuus vaikuttaa parametrin arvoon tiettyä yksittäistä tuotetta konfiguroitaessa. Tässä logiikka olettaa, että tuoteryhmän valinta ei ole vielä käyttäjän vaikutuspiirissä, vaan se on kiinteä osa yksittäistä tuotekonfiguraatiota. Tuoteryhmä sisältää useita samankaltaisia laitteita samoihin käyttösovelluksiin. Se voi kuitenkin sisältää laitteita, jotka on suunniteltu eri käyttöolosuhteisiin. Tämä oletus on pakollinen, koska tarkastelu halutaan eritellä tuoteryhmiin niiden välillä esiintyvän varianssin takia.



Kuva 5. Tietomalliin vaikuttavien parametrien määrittämisprosessi

Määrittäminen aloitetaan jakamalla parametrit käyttäjän vaikutuspiirissä oleviin ja sen ulkopuolella oleviin ryhmiin. Prosessikaavio ja sillä tehtävien parametrien luokittelun tarkoituksena on yksinkertaistaa tietoaineiston luokittelua ja näin helpottaa lisäosan tai valintaohjelman sisällön suunnittelua. Tämä toteutetaan valintaohjelman käyttäjälle näkyvää käyttöliittymää tarkastelemalla. Tämän jälkeen käyttäjän vaikutuspiirissä olevat parametrit jaetaan kahteen ryhmään sen perusteella vaikuttavatko ne kiinteästi laitekokoonpanoon vai voidaanko ne määritellä lisävarusteita kuvaaviksi. Käyttäjän vaikutuspiirin ulkopuolelle jäävä parametriaineisto jaetaan merkityksellisiin ja merkityksettömiin parametreihin. Tämä jako tehdään perustuen

siihen, onko parametrilla vaikutusta sovelluksen toimintaan vai onko se yleistä lokitietoa liittyen valintaohjelmaan.

Yleisenä lokitietona voidaan pitää esimerkiksi kellonaikaa, päivämäärää ja oliotunnisteita, jotka sijoitetaan parametreihin, ja niillä ei ole vaikutusta lisäosan toiminnan kannalta. Lokitietoihin sisällytetään myös ne parametrit, joita voidaan pitää lisäinformaationa tai niiden sisällyttäminen CAD-lisäosaan ei ole välttämätöntä yrityksen näkökulmasta. Tähän ryhmään on sisällytetty myös suunnittelijan täyttämät lisäinformaatiot, kuten projektin tunnukset tai suunnittelu kohteeseen liittyvät vapaat kentät. Nämä vapaat kentät on tarkoitettu lähinnä suunnittelijan vapaaseen käyttöön projektikirjanpitoa varten. Edellä mainitut tiedot voidaan kuitenkin sisällyttää vastaavana lokitietona valintojen jäljitettävyyttä parantavina parametreina myös lisäosaan. Sovelluksen toimintaan vaikuttavat parametrit, joihin käyttäjällä ei ole mahdollista tehdä muutoksia, voidaan pitää välttämättöminä parametreina. Välttämättöminä voidaan pitää myös suoritusarvoihin tai laitteen fyysisiin mittoihin vaikuttavia parametreja. Nämä välttämättömiä luokitellut parametrit ovat automaattisesti mukana CAD-lisäosan tietosisällössä. Niiden tarkastelua ei tästä syystä ole syytä suorittaa.

Tilastollinen lisätarkastelu suoritetaan lisävarusteille. Ne ryhmitellään tietomallivaikutuksensa perusteella rivi- tai 3D-tietoa sisältäviksi parametreiksi. Lisäksi niiden oletusarvojen vaihtuvuutta tutkitaan sekä tehdään uudelleenmäärittely niiden vaikutuksesta tietomalliin.

5.3 Tarkasteltavien parametrien määrittely ja raja

Karkeassa suodattamisessa suurin osa parametreista sulkeutui pois. Suuri osa luokitui rividataparametreihin ja osa voitiin luokitella merkityksettömiksi. Rajauksessa tarkasteltaviksi parametreiksi rajautui 16 parametrin ryhmä. Osa parametreista on vain tietyn tuoteryhmän parametreja. Tässä työssä tuoteryhmiä on neljä. Työn kannalta yksi tuoteryhmä koostuu laitteista, jotka ovat ulkoisesti samanlaisia ja ne on tarkoitettu samoihin käyttösovelluksiin. Tuoteryhmän sisällä on useampia eri variaatioita puhallinpatterista, esimerkiksi patterikoon tai -reitityksen osalta, jolla tehoaluetta tai muita ominaisuuksia saadaan muutettua ja laite saadaan näin soveltumaan eri olosuhteisiin. Tuoteryhmien todellisia nimiä ei tässä työssä voida paljastaa, joten ne määritellään juoksevasti numeroiden tuoteryhmiä 1–4. Tarkastelu tehdään jo ennalta määrittelyn suunnitelman mukaisesti tuoteryhmittäin.

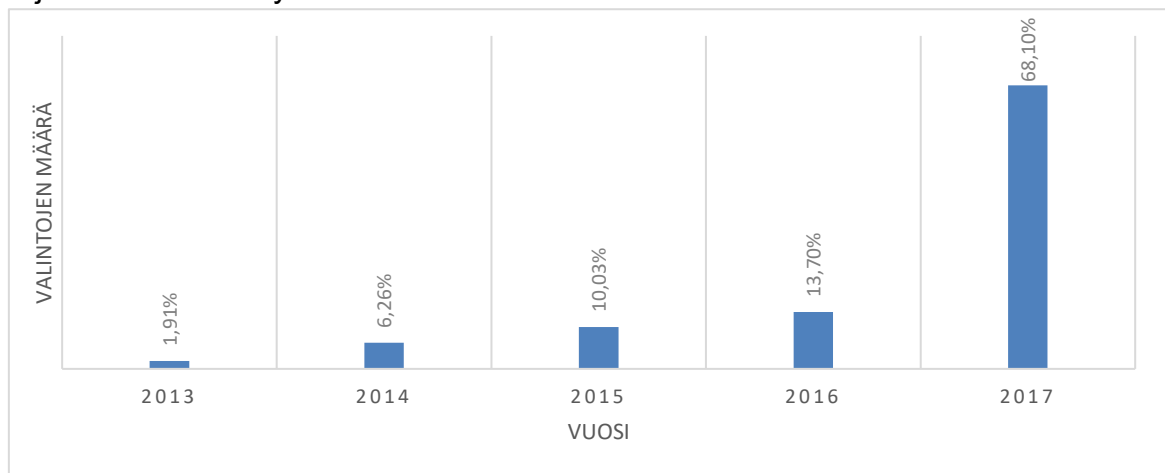
Tarkastelussa haluttiin määrittää tuoteryhmien lisävarusteiden valintasuhteet ja painottaa näiden yleisimmin valittujen varusteiden sisällyttämistä malleihin. Toisena vaihtoehtona olisi valita kaikki mahdolliset lisävarusteet sisällytettäväksi tietomalleihin. Kuitenkin lisävarustemahdollisuuksien ollessa suhteellisen suuri ja niiden käyttö hyvin tapauskohtaisesti spesifioitua tultiin ennalta siihen tulokseen, että olisi hyvä tarkastella lisävarusteiden esiintyvyyttä valinnoissa. Tällä pyritään osaltaan siihen, että tuotetietomalli pysyisi helpommin hallittavana ja käyttäjän kannalta selkeänä. Lisäksi merkittävänä rajoittavana tekijänä lisäosan suunnittelussa CAD-ohjelmistoa varten, toimii ohjelmistopohja, johon lisäosa tehdään. Sen merkitys on niin suuri, että siitä on tehty edellä erillinen selvitys tässä työssä. Selvitystyö on katsaus ohjelmistoihin ja tarkastelu on toteutettu kansainvälistymistä silmällä pitäen.

Valintaohjelmassa on jokaiselle parametrille kussakin konfiguraatiossa tyypilliset oletusarvot, jotka ovat ennalta tiedossa ja määriteltä rajausehtojen mukaisiksi. Määrittely on toteutettu siten, että valittu tuote on teknisesti toteutettavissa asiakkaan määrittelemissä olosuhteissa. Näin ollen perusvalintojen tarkastelusta ei synny suurta lisäarvoa, jos valintaohjelmaa käyttävä ei tee muutoksia perusvalintaan. Tämä tarkoittaa sitä, että perusvalinnan asettamisessa on onnistuttu ja konfiguraatiotarve tähän yksittäiseen parametriin liittyen on hyvin pieni. Tästä johtuen tarkastelussa pyritään löytämään eroavaisuuksia oletusarvoihin. Nämä eroavaisuudet osoittavat konfiguroimistarpeen määrää ja näin ollen auttavat CAD-lisäosan suunnittelussa. Lisäksi se kuvaa lisäosaan sisällytettävien tuotetietomallien konfiguroitavuuden tason suunnittelussa käyttäjän tarpeita tyydyttäväksi. Lisäosaan sisällytetyt välttämättömät parametrit ovat jo ennalta tiedossa. Tällä tarkastelulla halutaan saada kuitenkin tietoa ennakkoon tehdyistä määrittelyistä pois jääneiden parametrien tärkeydestä.

Edellä kuvatuista syistä tarkastelu rajataan 3D-muotoon ja laitteen toimintaan tai suunnitteluun oleellisesti vaikuttaviin ominaisuuksiin jotka poikkeavat asetetuista oletusarvoista suuresti. Tämä rajausta tehtiin, koska haluttiin selvittää tuotetietomallien tarvitseman parametritiedon saatavuus ja tämän datan käytön osuudet valinnoista. Ennalta tiedetään, että tuoteryhmien välillä on suuria eroavaisuuksia parametrien käytössä. Lisäksi kaikkien parametrien muuttaminen suunnittelijan toimesta, ei ole mahdollista, vaan ne konfiguroituvat automaattisesti. Tästä johtuen parametritarkastelut tehdään jatkossa tuoteryhmäkohtaisesti ja vain tietylle joukolle parametreja.

5.4 Valintaohjelman parametrien käsittely

Tässä kappaleessa kuvaillaan valintaohjelmasta saatu aineisto ja vastaavasti kuvaillaan käsiteltävien parametrien laatu. Lisäksi kuvaillaan, kuinka itse aineisto on kerätty ja mitkä tahot ovat tehtyjen valintojen taustalla. Tässä luvussa esitetyt tulokset kuvailevat valintaohjelman käyttäjäkuntaa ja tarkempi tulosten käsittely suoritetaan tulosten analysointiin keskittyvässä luvussa 6. Kuvasta 6 voidaan nähdä valintojen määrän kehitys vuosina 2013–2017.

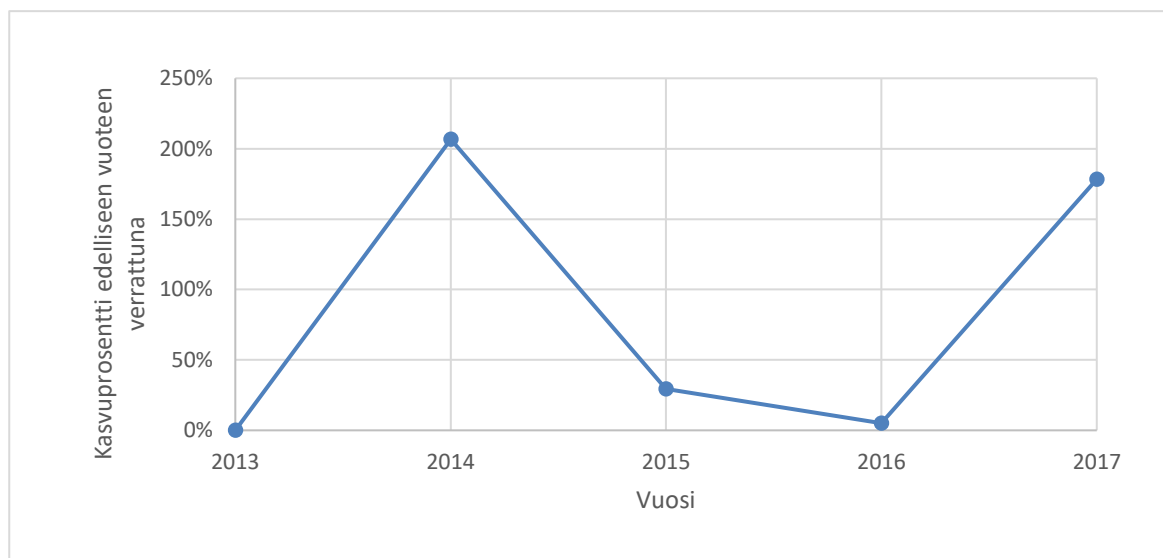


Kuva 6. Tehdyt valinnat 15.5.2013-31.12.2017

Yrityksen valintaohjelma on ollut käytössä ilmastointiratkaisuille vuodesta 2013 Kaaviosta kuvasta 6 voidaan nähdä valintojen määrän huomattava kasvu vuodesta 2016 vuoden 2017 loppuun asti. Suuret erot vuosien välillä voidaan olettaa johtuvan omaksumisajasta, joka kuluu siihen, että valintaohjelma omaksutaan käyttöön. Tämä ei kuitenkaan kuvaa kokonaan tilannetta. Selvityksen aikana tuli ilmi, että tuotemalliston määrä ja variaatiomahdollisuudet olivat kasvaneet tällä ajan jaksolla. Tämä vaikuttanee osaltaan myös tehtyjen valintojen kokonaismäärään mm. uusien kokeilevien valintojen myötä ja mahdollisesti lisääntyneen kiinnostuksen johdosta uusiin laitteisiin ja niiden variaatioihin. Vuosi 2017 näyttäisi selvästi vuodelta, jolloin valintaohjelma on otettu laajempaan käyttöön suunnittelutyössä.

5.4.1 Valintaohjelmassa tehdyt valinnat

Kuvassa 6 näkyvä pylväskuvaaja on saatu suodattamalla valintaohjelman testikäytön ja yrityksen oman käytön aiheuttamat merkinnät pois sekä rajaamalla haku tuoteryhmäkohtaisesti ilmastointituotteisiin. Myöhemmässä vaiheessa edellisen rajauksen lisäksi tehdään olettaus, että vuodet 2016–2017 voidaan varmuudella laskea valintaohjelman todellista käyttöä kuvaavaksi ajanjaksoksi. Tähän on syynä se, että ensimmäisinä vuosina käyttö on ollut osittain kokeilevaa ja myöhemmin tuoteportfolioon sekä tuotteiden konfiguroitavuuteen on tullut lisäyksiä. Edellä mainituista syistä päädytään käyttämään vuosia 2016–2017 myöhemmässä tarkastelussa.



Kuva 7. Ulkoisten käyttäjien määrän kasvu 15.5.2013-31.12.2017

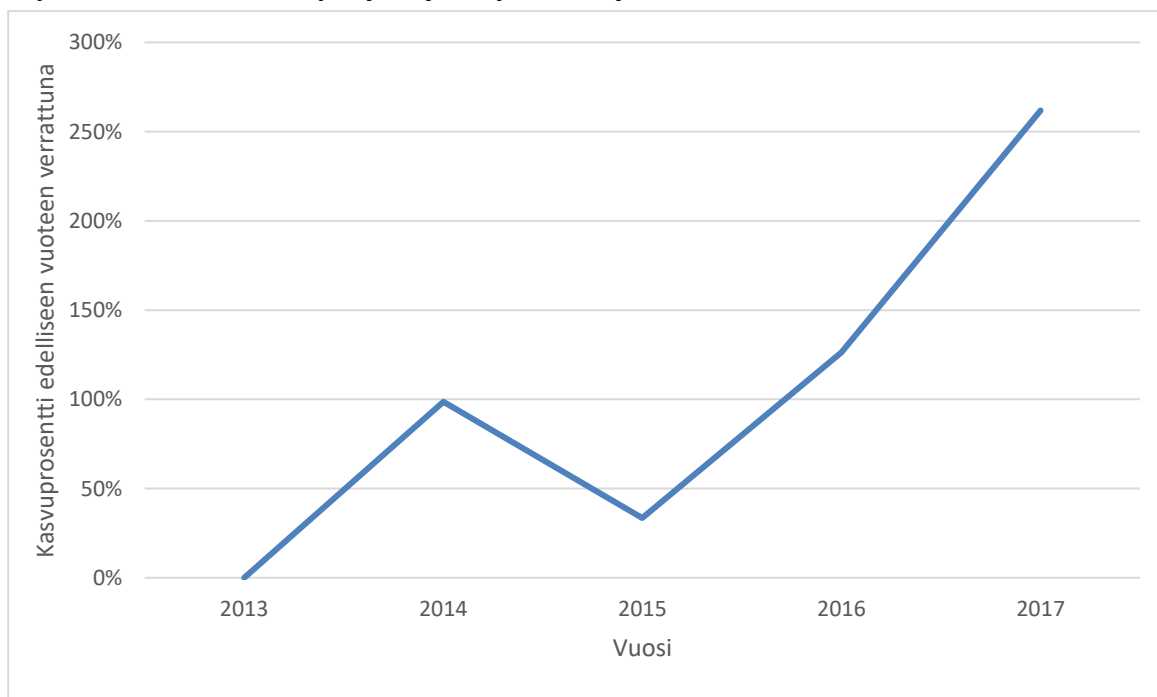
Kuvassa 7 on nähtävissä, että vuodesta 2016 vuoteen 2017 ulkoisten käyttäjien määrä on kasvanut 178 % edellisvuoteen verrattuna. Tässä ovat mukana suunnittelutoimistojen ja oppilaitosten sekä muiden toimijoiden käyttäjät. Laskenta on suoritettu vuosittain eli, jos sama käyttäjä vierailee valintaohjelmassa tehden samalla valinnan, se lasketaan kullekin vuodelle yhdeksi käyttäjäksi valintaohjelmassa. Kaavalla 1 voidaan määrittää kasvuprosentti edelliseen vuoteen verrattuna.

$$Kasvu = \frac{Käyttäjämäärä (tarkastelu vuosi) - Käyttäjämäärä (edellinen vuosi)}{Käyttäjämäärä (tarkastelu vuosi)} * 100 \% \quad (1)$$

Kaavalla 1 halutaan välttyä sekaannukselta, jossa tarkasteltaisiin käyttäjien kumulatiivisen kasvun kehitystä, jolloin käyttäjä laskettaisiin yhdeksi merkinnäksi sinä vuonna, kun hän on ottanut valintaohjelman käyttöönsä. Tällöin käyttäjästä jäisi merkintä vain sinä vuonna, jolloin hän on valintaohjelmassa vierailut ensimmäistä kertaa.

Tapa valittiin käyttöön sillä perusteella, että käyttäjien määrissä tapahtuu luonnollista poistumaa vaihtuvien työpaikkojen ja eläköitymisen johdosta. Tällöin vuosikohtainen tarkastelu kuvaa paremmin käyttäjästruktuuria verrattuna kumulatiiviseen tarkasteluun.

Työssä selvisi, että ulkoisista käyttäjistä 69 % on varmuudella suunnittelutoimistojen toimijoita. Tuloksissa tarkastelu ja näin ollen käyttäjien identifiointi on tehty sähköpostiosoitteiden perusteella. Näin ollen huomioitavaa on, että suunnittelija, joka käyttää jotakin muuta osoitetta kuin suunnittelutoimiston osoitetta lasketaan tässä tapauksessa muihin käyttäjiin. Seuraavaksi tarkastellaan edellä esitettyjä tuloksia vastaavia suunnittelutoimistojen käyttökertojen määriä. Käyttökertojen määrä kasvoi 262 % vuodesta 2016 vuoteen 2017, joka on esitetty kuvassa 8. Aiemmin kasvu on ollut paljon rauhallisempaa. Tämä eroavaisuus johtuu osittain tehtyjen valintojen tallentamisprosessin automatisoinnista ja siten tilastoinnin tarkentumisesta, mutta myös kasvaneesta käyttäjien ja käyttökertojen määrästä.



Kuva 8. Suunnittelijoiden käyttökertojen kasvu 15.5.2013-31.12.2017

Edellä esitettyjen tulosten perusteella voidaan sanoa, että vuosina 2016 ja 2017 sekä käyttäjämäärät että käyttökertojen määrät ovat molemmat kasvaneet merkittävästi verrattuna aiempaan. Lisäksi tuloksista on huomattavissa, että käyttökertojen määrä on kasvanut huomattavasti enemmän verrattuna käyttäjämääriin. Tämä tarkoittaa sitä, että sama käyttäjä palasi valintaohjelmaan useammin esimerkiksi

vuonna 2017 kuin vuonna 2016. Taulukossa 3 on nähtävissä keskimääräiset käyttökerrat vuosittain yksittäistä käyttäjää kohden.

Taulukko 3. Ulkoisten käyttäjien ja suunnittelijoiden valintojen määrien vertailu

VUOSI	Ulkoiset käyttäjät [krt/a]	Suunnittelijat [krt/a]
2013	2,3	1,9
2014	2,5	1,7
2015	3,1	2,2
2016	4,0	4,6
2017	7,2	6,3

Tehtäessä tarkastelu lähempänä nykyhetkeä voidaan saada todellisuutta paremmin kuvaava kuva kuin mitä saataisiin tarkasteltaessa koko aikajaksoa. Tavoitteena on saada kokonaiskuva valintaohjelman käytöstä ja siinä olevasta tietosisällöstä. Tästä syystä tarkemmassa parametrikäsittelyssä keskitytään vuosien 2016–2017 väliselle ajalle, joka esitetään luvussa 6.

Yksityiskohtaisemman parametritarkastelun tarkoituksena on kerätä tietoa yleisimmin valituista lisävarusteista ja käyttää tätä tietoa lisäosan tietoaaineiston keräämiseen. Tämä osuus on käsitelty tarkemmin tulosten analysointia käsittelevässä luvussa 6. Johtuen aineistorakenteen kuten poistuneiden tuotteiden, uusien tuotteiden ja järjestelmän tallennusrakenteen muutoksista tulokset eivät tule olemaan yksiselitteisiä. Tällöin tulosten tarkoituksena on antaa vain yleiskuva tuoterakenteesta lisäosaa suunniteltaessa. On tärkeää saada näkyviin tämän hetkisen aineiston tila ja sen sovellettavuus tietoaaineiston lähteenä lisäosalle.

Parametrien käsittely toteutetaan tarkastelemalla olemassa olevan valintaohjelman tietokantaa. Valintaohjelma on suunniteltu niin yrityksen ulkoisten suunnittelijoiden kuin myös yrityksen sisäisten käyttäjien käyttöön. Tietokanta sisältää tietoja mm. tuotteen suoritusarvoista, äänitiedoista, rakenteesta ja hinnasta. Yksittäiselle tuotteelle on teoriassa mahdollista valita 605 erilaista parametria. Käytännössä tämä ei ole kuitenkaan mielekäästä, sillä osa parametreista on hyvin spesifioituja tietyille tuotteille. Parametreista suuri osa jää siksi täyttämättä, mikäli ajatellaan yksittäistä tuotetta.

Parametrien käsittely aloitettiin edellä mainituista syistä tyhjien parametrien suodattamisella pois aineistosta. Huomioitavaa suodattamisessa oli, että kaikki tuotteet eivät sisältäneet samanlaista parametrirakennetta vaan valintojen sisällössä oli suurta variaatiota. Suodattaminen aloitettiin poistamalla tyhjät parametrit tuoteryhmittäin. Parametrien määrä pieneni 29–69 parametriin riippuen tuoteryhmästä. Suodattaminen toteutettiin tässä vaiheessa sulkemalla kokonaan ne parametrit pois, jotka eivät ole yhdelläkään tuotteella käytössä kyseisessä tuoteryhmässä. Lisäksi tuloksista suodatettiin pois yksi tuoteryhmä kokonaan, koska se on tapauskohtaisesti konfiguroitavissa ja harvinainen. Lisäksi tälle tuoteryhmälle tehtyjen valintojen määrä oli erittäin pieni. Tämä estää tilastollisen tarkastelun otannan jäädessä hyvin pieneksi.

Tämä ei rajoittanut sellaisenaan suunnittelua. Tämä tuoteryhmä oli rajattu pois jo alustavissa määrittelyissä, kun yrityksessä määritettiin tuoteryhmiä, joita lisäosaan sisällytettäisiin. Tämän korkean konfiguroitavuuden omaavan tuoteryhmän sisällyttäminen lisäosaan vaatii laajemman selvityksen tulevaisuudessa. Tuoteryhmä on rajattu edellä mainituista syistä selvityksen ulkopuolelle. Tuoteryhmälle yksilöitävän lisäosaratkaisun selvitystyö voidaan tarvittaessa käynnistää. Tämä voidaan tehdä samassa vaiheessa, jos esimerkiksi muita tuoteryhmiä, joilla on vastaava parametri-rakenne päätetään sisällyttää BIM-kirjastoon tai lisäosaan. Lisäksi edellä mainitun tuoteryhmän osuus tehdyistä valinnoista oli 6,29 %.

6 Tulokset ja analysointi

Tämän osan tarkoituksena on tutkia työssä saatuja tuloksia tarkemmin ja tehdä niistä päätelmät työn tavoitteiden näkökulmasta. Osuus on jaettu kolmeen työssä käsiteltyyn tutkimusmenetelmään. Aluksi käsitellään työssä tehtyä kirjallisuusselvitystä Google Trends -palvelussa. Tämän jälkeen käsitellään kyselytutkimuksessa kerätty aineisto ja tehdään analyysi sen tuloksista.

6.1 Kirjallisuusselvityksen tulosten analysointi

Kirjallisuusselvityksen tulosten analysointi on jaettu kahteen osuuteen. Ensimmäinen osuus pyrkii yhdistämään konseptuaaliset käsitteet, kuten esimerkiksi BIM, Lean ja IoT. Siinä esitellään tämän työn kirjallisuuslähteiden pohjalta mallinnettu konseptuaalinen malli näiden käsitteiden yhdistämisestä käytäntöön. On huomioitavaa, että rakenne on täysin käsitepohjainen, eikä se ota suuremmin kantaa tekniiseen toteutukseen. Sen tarkoituksena on hahmotella näiden käsitteiden ja sovellusten liityntäsuhteet.

Toisessa osuudessa käsitellään Google Trends -palvelusta kerätyn aineiston tulokset. Siinä pyritään kuvailemaan sovellusten levinneisyyttä ja valtiokohtaisia eroavaisuuksia.

6.1.1 Konseptuaalinen integraatiomalli

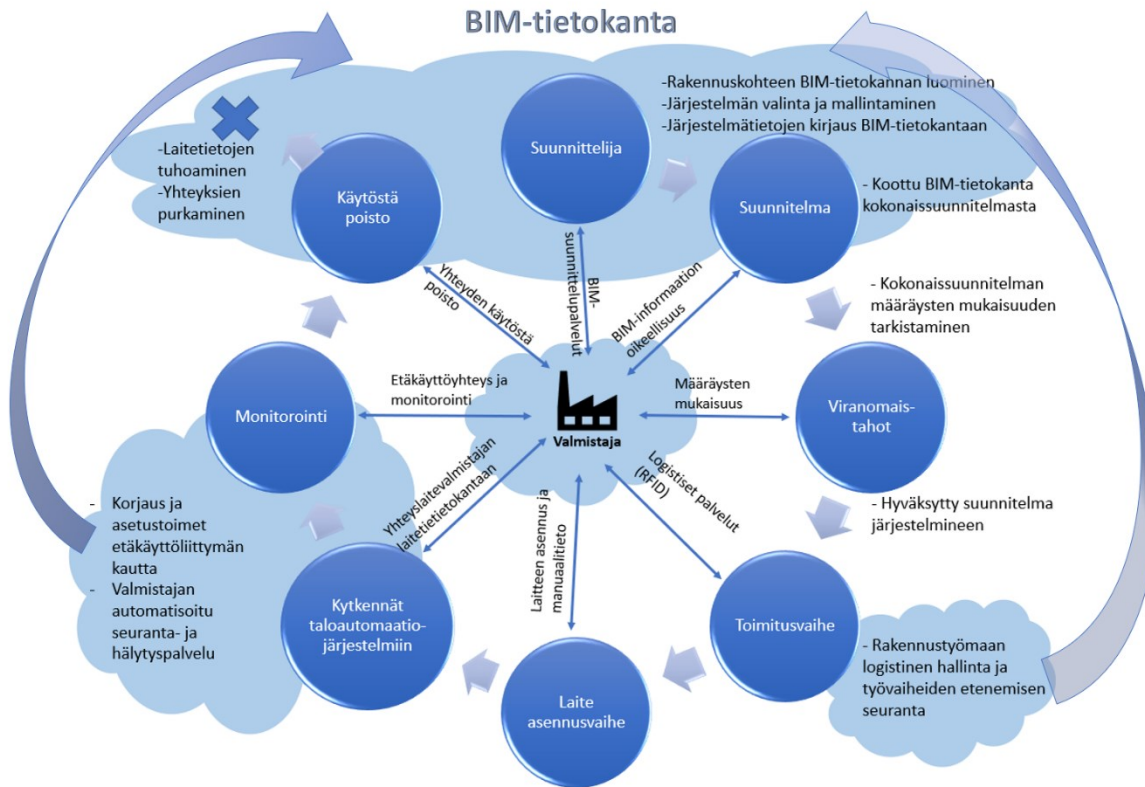
Luvun 2.3 perusteella luotiin malli BIM-tietokannan rakenteesta laitevalmistajan näkökulmasta. Tämän tyyppistä lähestymistapaa ei löydetty kirjallisuushakujen perusteella. Tästä syystä sen luonnostaminen nähtiin tärkeänä osana työn tulosten analysoinnissa. Tässä on tarkoituksena laajentaa mielikuvaa mahdollisuuksista, joita rakennusten tietomallintaminen tarjoaa komponenttivalmistajalle.

Tähän mennessä työssä on käsitelty aihealuetta pelkästään päätavoitteiden näkökulmasta. Tämä on toki perusteltavissa ja johdonmukaistakin, mutta työn edetessä nähtiin tärkeäksi kuvata aihealuetta myös tulevaisuuden kannalta laitevalmistajan näkökulmasta.

Seuraavaksi esitetty malli on työn kirjallisuushakujen perusteella luotu yleismalli, joka ei pyri yksityiskohtaiseen kuvaukseen todellisista järjestelmistä. Tällä kuvauksella on tarkoitus antaa kuva siitä, minkälaisessa toimintaympäristössä yritys voi rakennusten tietomallintamiseen liittyen toimia tulevaisuudessa.

Mallin perusajatuksena on liittyminen työn luvussa 2.3 kuvattuun BIM-tietokantaan. Tässä ei ole tarkoituksena luoda itsessään BIM-tietokantaa, vaan ennemminkin kuvailla rajapinnat BIM-tietokantaan liittymistä varten. BIM-tietokantana käsitetään tässä kohtaa suunnittelutahon luoma ympäristö, johon rakennusten tietomallintamisen yhteydessä luodut mallit ja dokumentaatiot tallennetaan. Laitevalmistajan osuudeksi jää tässä mallissa yhteyksien sekä omien pilvipalveluiden luominen siten, että ne ovat yhdistettävissä kokonaismalliin.

Kuvassa 9 on esitetty kuvaus tuotekohtaisen informaation ja BIM-tietokannan yhdistämisestä. Tässä on huomioitavaa mallin yksinkertaisuus ja sen tarkoitus onkin toimia ennemmin konseptuaalisena mallina kuin tarkkana järjestelmäkuvauksena. Lisäksi mallin tarkoitus on herättää keskustelua ja kehitysjatoksia. Sen tarkoituksena ei ole toimia täydellisenä kuvauksena tulevaisuuden kehityssuunnasta. Ennenminkin tarkoituksena on nähdä se kehitysalustana, josta voidaan ottaa ominaisuuksia ja ajatuksia käyttöön tulevaisuudessa.



Kuva 9. Kuvaus BIM-tietokantaan liittymisestä valmistajan näkökulmasta

Kuvan 9 kaavio on kehitetty laitevalmistajan näkökulmasta. Se pyrkii noudattamaan tuotteen elinkaaren vaiheita. Tässä näkökulmassa on sovellettu luvussa 2.3 esiteltyjä Meadati:n ja Cheng:in malleja, jotka on esitetty kuvissa 3 ja 4. Poikkeuksena esiteltyihin malleihin tässä työssä kehitettyyn malliin on ennen kaikkea näkökulman kääntäminen laitevalmistajan toimialueeseen.

Tavoitteena on suunnittelijoille kehitettävät sovellukset ja apuvälineet, jotka mahdollistavat luotettavaa tietoa sisältävien BIM-mallien luomisen. Tämän osan toteuttaminen on jo aloitettu ja siitä saatavat tulokset saadaankin käyttöön tämän työn julkistamisen aikaan. Kuvan 9 konseptissa pääajatuksena on, että tiedon jakaminen on automatisoitua suuremmalta osin prosessia ja aktiiviselta tiedon päivittämiseltä pyritään välttämään.

Laitevalmistaja vastaa laitteiden määräysten mukaisuudesta kokonaisuudessaan yksin. Kuitenkaan vastuu ei koske laitteilla tehtävien järjestelmien määräysten mukaisuuksia vaan nämä osa-alueet ovat suunnittelijoiden vastuulla. Asiakaspalvelua parannettaessa tulee kiinnittää huomiota myös tähän osa-alueeseen. BIM-mallintamisen tukimekanismien avulla olisi mahdollista tarjota laajemmin itse suunnittelua tukevia informaatiokokonaisuuksia, jotka vastaisivat laitekohtaisia hyvän suunnittelun peruseriä. Hyöty, joka näillä suunnittelua tukevilla mekanismeilla saavutetaan ei liity yksinään viranomaismääräysten täyttämiseen. Tarkoituksena on helpottaa suunnittelijan työtaakkaa siltä osin, että lopputuloksena saavutetaan entistä toimivampia ja parempia järjestelmiä loppukäyttäjälle.

Toimitus- ja laiteasennusvaiheen sekä taloautomaatioon kytkemisen osalta tavoitteena konseptissa on luoda yhteydet yrityksen pilvipalvelun ja laitteen välille siten, että laitteen seuraaminen on mahdollista soveltuvin osin kaikkien näiden prosessin vaiheiden ajan. Esimerkiksi RFID- sekä IoT-teknologiat mahdollistaisivat näiden vaiheiden toteuttamisen. Lisäksi kuvasta 9 on nähtävissä, että konseptissa yhteydet luodaan myös yrityksen pilvipalvelun sekä BIM-tietokannan välille. Kokonaisuudessaan näiden vaiheiden tavoitteena on tarjota reaaliaikaista informaatiota niin laitevalmistajayritykselle kuin ulkoisillekin sidosryhmille. Tämä mahdollistaisi laitteiden etäkäytön ja seurannan sekä toimintahäiriöiden tarkastelun. Yrityksellä on jo käytössä tämän tyyppisiä järjestelmiä. Järjestelmäpalveluiden soveltamista sekä niiden tarjoamisen mahdollisuuksien jatkotutkimusta ja kehittämistä onkin syytä harkita.

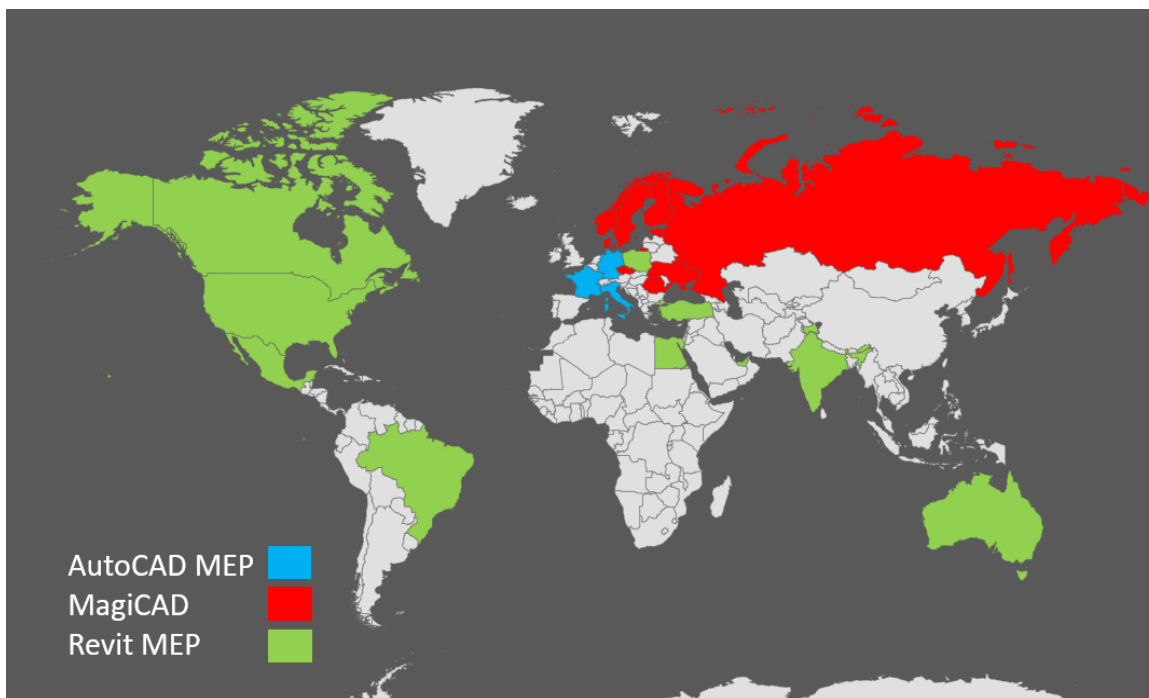
Kokonaisuudessaan mallista on nähtävissä palautevaikutusten kokonaisvaltaisuus. Kuvan 9 konseptissa nämä palautevaikutukset ovat nähtävissä jokaisessa tuotteen elinkaaren vaiheessa. Tarkoituksena on näiden palautteiden avulla kerätä tilastollista informaatiota niin suunnitteluun, logistiikkaan, suorituskykyyn, vikaantumiseen kuin käyttäjätyytyväisyyteenkin liittyen. Työn näkökulmasta tämä informaatiokokonaisuus tarjoaa kilpailukykyä parantavia mahdollisuuksia, joiden hyödyntämistä ei tule sivuuttaa. Lisäksi konsepti on mahdollista toteuttaa pienissä osissa. Tämä voi olla monissa tapauksissa paras vaihtoehto, koska oppiminen ja uusien järjestelmien omaksuminen vie aikaa. On siis tärkeä muistaa, että on parempi ratkaista yksi ongelma kerrallaan kuin yrittää rakentaa kokonainen konsepti yhdellä kerralla.

6.1.2 Sovelluksien käytön kartoittamisen tulokset

Talotekniikkasovellusten suosion määrittämisen tulokset perustuvat hakujen vertailevaan tarkasteluun. Tarkastelussa arvot esittävät haun suosiota valitulla ajanjaksoilla ja alueella suhteutettuna kaavion suurimpaan arvoon. Asteikon arvo 100 on alue, jolla termi oli suosituin. 50 on alue, jolla termillä tehtiin hakuja puolet vähemmän kuin 100 pisteen alueella, ja 0 on alue, jolla termistä ei ole saatavilla riittävästi tietoja (Google Trends). Näin ollen vertailussa saadaan suhteelliset erot näkyviin, kuitenkin todellisten hakumäärien jäädessä tuntemattomiksi. Tästä syystä vertailut tehtiin kaikille valikoiduille valtioille yksittäin, koska haluttiin välttyä vääristymiltä, jonka koko maailman tarkastelu olisi aiheuttanut aineistoon. Lisäksi huomioitavaa tuloksissa on, että Graphisoft MEP modeler ja CADS HEPAC hakujen määrät jäivät niin pieniksi, etteivät ne näy esitetyissä tuloksissa tai kuvaajissa.

Tarkastelujakson pituus aiheutti mahdollisesti vääristymää tuloksiin. Tämä johtuu ohjelmistojen kehittymisestä ja aika ajoin niiden suosion eroavaisuuksista varsinkin tarkastelun alkuaikoina. Yksiselitteisiä julkaisupäiviä tai suurempien päivitysten ajankohtia ei ollut kaikille ohjelmistoille saatavilla. Näiden tietojen avulla suhteutusta olisi voitu tarkentaa. Tälle ei nähty suurta tarvetta tehtävän tarkastelun kannalta, koska lähtöaineistokaan ei ole absoluuttinen tai eksakti indikaattori ohjelmistojen suosioden eroista. Mainituin perustein päädyttiin tarkastelemaan koko aikaväliä, joka tietolähteestä oli saatavilla.

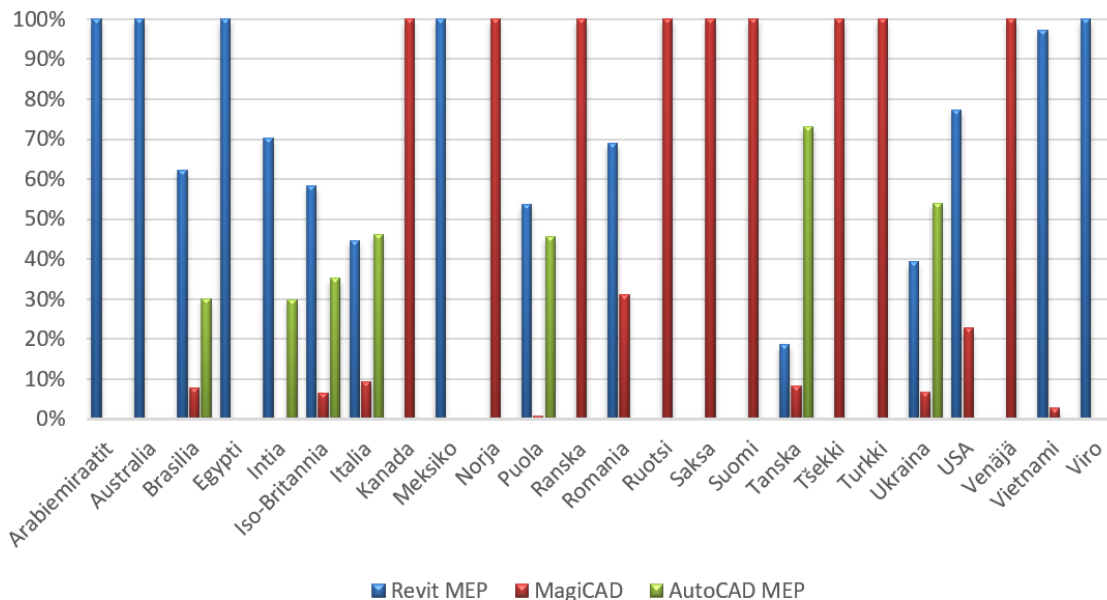
Tulokset ovat nähtävissä alla olevassa kuvassa 10 tarkastelu ajan jakson ollessa 1.1.2004 –19.4.2018. Kuvasta nähdään kuinka eri sovellukset ja niiden dominoivuus ilmenee maailmalla. Siinä on esitetty kolmen suosituimman talotekniikkaan suuntautuneen sovelluksen hallitsemat alueet. Myöhemmin kuvassa 11 on esitetty vastaava aineisto tarkemmin eriteltynä. Siitä on nähtävissä myös muidenkin kuin dominoivien sovelluksien osuudet maittain. Tuloksetta jääneet valtiot ovat harmaalla värjättyjä kuvassa 10 esitetyssä maailman kartassa. Tämä tarkoittaa, että näistä maista ei ole tehty merkittävässä määrin aiheeseen liittyviä hakuja tai näistä valtioista ei ole pääsyä Googlen palveluihin.



Kuva 10. Maailmankartta ohjelmistojen dominoivuudesta

Kuvasta 10 on nähtävissä, että MagiCAD-osuus on suurempi Pohjoismaissa ja itäisessä Euroopassa. Tämä kuvaa siihen kohdistuvaa kiinnostuneisuutta, edellä mainituilla alueilla. Revit MEP dominoi Amerikassa, Lähi-idässä, Intiassa ja Australiassa. AutoCAD MEP-ohjelmistoon kohdistuva kiinnostuneisuus keskittyy puolestaan Keski- ja Etelä-Euroopan maihin. Kartta on luotu siten, että valtio värjättyy suurimman kiinnostuksen kohteena olevan hakusanan mukaan. Huomioiden tämä luotiin toinen kuvaaja samasta tietoa-aineistosta, joka yksilöi tarkemmin kiinnostuksen tasoa maittain.

Pylväskuvaajasta kuvassa 11 on nähtävissä, että useissa valtioissa on yksi dominoiva ohjelmisto, jonka osuus on selkeästi suurempi kuin muilla ohjelmistoilla. Taisainta kilpailu on mm. Puolassa, Italiassa ja Iso-Britanniassa. Näissä maissa kilpailua on lähinnä AutoCAD:n ja Revit:n välillä.



Kuva 11. Ohjelmistojen nimellä tehtyjen hakujen osuudet maittain

Selvityksestä ja sen tuloksista on nähtävissä yhden ohjelmistotoimittajan ohjelmistopohjien välinen kilpailu. Ohjelmistojen nimillä tehtyjen hakujen perusteella kiinnostuksen kohteet vaihtelevat maittain. Tuloksia on mahdollista käyttää indikaattorina ohjelmistojen suosiosta maailmalla.

Selvityksen perusteella on mahdollista tehdä päätelmiä lisäosan tai BIM-objektien ohjelmistopohjaksi valittavasta sovelluksesta. Kuitenkin tuloksien tarkastelussa on syytä muistaa, että niiden viesti on ennemminkin suosiota ja haun kiinnostusta indikoiva kuin todellisia käyttäjämääriä absoluuttisesti kuvaava tieto. Edellä mainitusti Google Trends -tietolähteen käytöstä ja sen luotettavuudesta on tehty useita tutkimuksia, joiden perusteella aineisto korreloi hyvin todellisten kiinnostuksen kohteiden kanssa (Choi, Varian 2012, Rech 2007). Lisäksi saadut tulokset korreloivat hyvin työssä teetetyn kyselytutkimuksen kanssa, kun tarkastellaan pelkästään Suomea. Tulokset korreloivat myös yrityksen oman tilastoinnin kanssa, koskien MagiCAD-objektien latausmääriä, sekä uusia objekteja koskevien luomispyyntöjen kanssa. Yrityksen palveluntarjoajan ylläpitämästä MagiCloud Hub tietoaaineistosta selviää, että valtaosa pyynnöistä liittyy AutoCAD sovelluspohjaan. Revit ohjelmistopohjalle saatavien BIM-objektien osalta aktiivisin valtio on Kiina. Tämä ei Googlen tietoaaineistosta saaduista tuloksista ilmene. Syynä tähän lienee Kiinan valtion harjoittama sensuuri hakukoneiden käyttöön liittyen (Grant Clark 2017).

6.2 Kyselytutkimuksen tulosten analysointi

Yhdeksi kyselyn vastausten sisäisen vertailun lähtökohdaksi otettiin vastaajan valinta valmistumiseen liittyen. Valmistuneet suunnittelijat haluttiin erottaa alaan vasta tutustuvista opiskelijoista. Tästä johtuen osa käsittelystä toteutetaan tätä jakoperustetta noudattaen. Yksittäisiä poimintoja eri vertauskohdista otetaan ja ne selvitetään erikseen vertailua suoritettaessa. Tuloksissa on kuitenkin huomioitavaa, että opiskelijoiden vastausten määrä jäi hyvin pieneksi. Tämä rajoittaa osaltaan tulosten vertailukelpoisuutta, joka on huomioitava tuloksista tehtäviä päätelmiä tehtäessä.

Ensimmäiseksi kyselyssä selvitettiin vastaajan käsitystä omasta tietomallintamisen hallinnasta. Vastauksista on molempien osajoukkojen osalta nähtävissä, että käsitys omista taidoista liittyen tietomallintamiseen on hyvinkin positiivinen. Suurin osa (78 %) niin opiskelijoista kuin valmistuneistakin koki hallitsevansa rakennusten tietomallintamisen hyvin tai erittäin hyvin. Tämä antaa ensivaikutelman rakennusten tietomallintamisen osaamisen hyvästä tasosta yrityksissä ja koulutuslaitoksissa. On huomioitavaa kuitenkin, että kyseessä on suunnittelijan oma käsitys omasta tasostaan.

Vastanneista noin 78 % vastasi työskentelevänsä rakennusten tietomallintamisen parissa vähintään viikoittain. Vastaajista, jotka kertoivat hallitsevansa tietomallintamisen erittäin hyvin, 96,16 % kertoi työskentelevänsä tietomallintamisen parissa vähintään viikoittain.

Ikäryhmiä vertailtaessa ryhmien välille ei saada selkeitä eroavaisuuksia suurissa linjoissa. Asenteet ovat hyvin saman suuntaiset ja vastaukset noudattavat pääpiirteittäin yhteistä päälinjaa kaikilla ikäryhmillä. Kyseiset tulokset viittaavat siihen, että alalla vallitsee päälinjaltaan yhtenäinen käsitys rakennusten tietomallintamisesta. Huomion arvoista oli vanhimman ikäryhmän itsearvio osaamistasostaan rakennusten tietomallintamiseen liittyen. Yksittäisenä ryhmänä huonosta tasosta kertoi 35 % vastaajista, mutta samaisessa ryhmässä 35 % kertoi hallitsevansa rakennusten tietomallintamisen hyvin. Vanhimman ikäpolven mielikuva oman osaamisen huonosta tasosta rakennusten tietomallintamiseen liittyen oli kuitenkin kaikista suurin.

Opiskelijoiden ja valmistuneiden vastausten välisiä eroja tarkasteltaessa huomataan vastaava ilmiö kuin ikäryhmien välisiä eroja tarkasteltaessa. Huomioitavaa tässä tarkastelussa on otosten suuri koko ero. Näin ollen suoria johtopäätöksiä ei voida yksiselitteisesti tehdä, etenköön opiskelijoiden vastauksista. Tämä johtuu siitä, että opiskelijoiden määrä on 9,8 % suunnittelijoiden määrästä. Kuitenkin mielenkiintoinen yksityiskohta vertailussa on, että 100 % opiskelijoista näkee BIM:n täysin tai jokseenkin välttämättömänä osa-alueena suunnittelutyössä. Samainen osuus valmistuneiden suunnittelijoiden ryhmässä on 67,44 %. Viitteitä ajattelutapojen muutoksesta on mahdollisesti siis nähtävissä. Toinen eroavaisuus ryhmien välillä on, se että opiskelijoista 23,07 % näkee, että BIM vähentää työmäärää. Tämä voi osaltaan johtua siitä, että opiskelijoiden työkokemus alalta on lyhyempi ja kokemukset eri projekteista suppeammat.

Kyselyyn perustuen rakennusten tietomallintaminen nähdään tulevaisuudessa yhä tärkeämpänä osana LVI-suunnittelijan työtä. Lisäksi enemmistö vastaajista kokee

hallitsevansa rakennusten tietomallintamisen hyvin tai erittäin hyvin. Työskentely tietomallintamisen parissa kasvattaa osuuttaan LVI-suunnittelussa ja valtaosa (78,17 %) ilmoittaa työskentelevänsä tietomallintamisen parissa vähintään viikoittain. Yksikään vastaaja ei ilmoittanut, että ei olisi kuullutkaan aiheesta.

BIM käsitettiin laajalti suurempana käsitteenä kuin pelkästään CAD-ohjelmiin ja muihin suunnitteluohjelmistoihin liitettävänä käsitteenä. Se nähtiin mm. reaaliaikaisena yhteistyön välineenä (70,14 %) sekä kommunikoinnin välineenä (87,5 %). Yleisellä tasolla asenteet tietomallintamista kohtaan olivat positiivisia. Sen tarjoamien mahdollisuuksien ja asiakkaiden vaatimusten arvioitiin kasvaneen viime vuosina.

Enemmistö arvio IFC-formaatin toimivaksi ratkaisuksi tietomallintamisessa, mutta edelleen avoimen palautteen muodossa, sitä kritisoitiin. Kritiikkiä tuli mm. generointi ja latausaikojen pituudesta, ohjelmistojen vajavaisesta tuesta IFC-formaatille ja toisten suunnitteluun osallistuvien sidosryhmien eritasoisista suunnitelmista.

BIM:n arvioitiin lisäävän suunnittelun työmäärää 28 % tavanomaisesta. Tulos saatiin keskiarvoistettuna vastauksista, jotka koostuivat vaihtoehdoista; -50 %, -25 %, 0 %, 25 % ja 50 % muutoksista tavanomaiseen työmäärään. Kun kysyttiin BIM:n aiheuttamista lisäkustannuksista suunnittelutoimistoille, vastaukset jakautuivat kuitenkin hyvin tasaisesti. Lisääntyneen työmäärän ja lisäkulujen negatiivinen vaikutus, voidaan arvioida kompensoituvan myös yrityksen tuloksessa. *Kohderyhmältä* kysyttäessä rakennusten tietomallintamisen vaikutuksista suunnittelutoimistojen saamaan taloushyötyyn 68 % vastasi rakennusten tietomallintamisen hyödyttävän suunnittelutoimistoja taloudellisesti. Tulos saatiin suhteuttamalla positiivisten ja negatiivisten vastausten antaneiden kokonaismäärät keskenään ja kokonaisotoksesta poistettiin neutraalin vastauksen antaneet. Tämä tehtiin siitä syystä, että neutraalin vastauksen antaneet osuisivat suhteutuksessa samaan ryhmään negatiivisten vastausten antaneiden kanssa ja tästä syystä vääristäisivät kokonaistulosta.

Kyselyn kohderyhmä valikoitui näin ollen suurelta osin yrityksen omasta sidosryhmästä. Se on tässä tapauksessa perusteltua suunniteltaessa apuvälineitä suunnittelijoille, jotka työskentelevät osana yrityksen liiketoimintaa. Mahdollisten vastaajien määrä pieneni kuitenkin kyselylinkin lähettämisen jälkeen huomattavasti alkuperäisestä. Palautunut viesti tuli 114 suunnittelijalta. Viesti oli ilmoitus osoitteen käytön lopettamisesta. Tämä perustuu saatuihin automaattisiin palauteviesteihin, jolloin osoitetta ei löydy tai se ei ole enää käytössä. Tähän ovat syynä suunnittelijoiden suuri liikkuvuus eri yritysten välillä ja luonnollinen poistuma esimerkiksi eläköitymisen johdosta. Kyselyn lähetyshetkellä valintaohjelman tietokannan suunnittelijaksi suodatettujen sähköpostiosoitteiden määrästä 75 % oli yhä käytössä. Lopulliseksi kohderyhmäksi muodostui näin ollen 488 suunnittelijaa.

Opiskelijoiden tarkkaa vastaajakandidaatti määrää, joille kysely osoitettiin, ei saatu selville. Tämä johtui kyselyn julkaisemisesta opiskelijajärjestöjen tai muiden välikäsien kautta.

Yhdeksi kyselyn tärkeimmistä osa-alueista kuvataan suunnittelijan kokemus tarpeestaan CAD-ohjelmaan sisällytettävälle lisäosalle. Laitevalmistajan näkökulmasta lisäosa on ennen kaikkea investointi, josta ei ole suoraa taloudellista hyötyä.

Hyödyt, jotka lisäosalla voidaan saavuttaa ovat epäsuoria ja sitä tarkastellaankin asiakaspalvelun yhtenä työkaluna. Suunnittelijan saamaa hyötyä sovelluksista pyrittiin selvittämään suunnittelijan tarpeita käsittelevillä kysymyksillä.

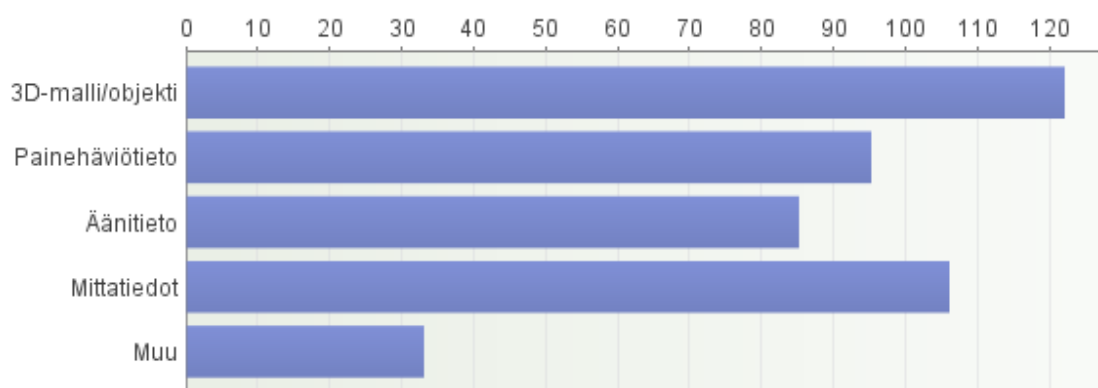
CAD-aihepiiriä koskevat kysymykset käsittelivät CAD-objektien ominaisuuksia, käytössä olevia sovelluksia ja niihin liitettäviä lisäosia. Tällä hetkellä yritys tarjoaa suunnittelijan käyttöön tuotevalintaohjelman, joka on verkkopohjainen sovellus laskennan ja tuotevalinnan tekemisen helpottamiseksi. Selvityshetkellä vaakakupissa ovat eri vaihtoehdot valintaohjelman päivittämisestä CAD-lisäosan tilaamiseen. Suunnittelutyötä helpottavien apuvälineiden kehitys on osa yrityksen BIM-konseptin määrittelemistä. Huomioitavaa analyysissä on, että tulosten perusteella pyritään pääsääntöisesti kuvailemaan tilastoanalyysiin. Siinä ei pyritä tilastolliseen päättelyyn aineiston jakautumisesta johtuen useissa tapauksissa useampaan määrälliseen muuttu-jaan.

6.2.1 Kysymyskohtainen analyysi

Seuraavassa analysoidaan kysymyskohtaisesti vastausten tuloksia:

Mikä on oleellisin tietoa BIM tuotemallissa (LVI-/ CAD-objektissa) suunnittelijan kannalta? CAD-objektilla tarkoitetaan esim. MagiCloud tyyppistä objekti-kirjaston yksittäistä objektia eli yksittäisen tuotteen 3D-mallia liitetietoineen.

Kysymyksen vastauksista koostetut tulokset ovat nähtävissä kuvassa 12. Kysymyksen asettelu ei tässä kohtaa toiminut välttämättä parhaalla mahdollisella tavalla. Pitkävälittävät vastausvaihtoehdot, jotka kysymyksen yhteyteen liitettiin olivat kokonaisuudessaan oleellista tietoa suunnittelijalle. Kysymys voidaankin tässä vaiheessa nähdä varmistavana tietona jo intuitiivisesti pääteltävissä oleville ominaisuuksille. Kysymyksen yhteyteen oli tästä syystä lisätty vaihtoehto, joka mahdollisti vapaan vastaamisen. Lisäksi vastaajien oli mahdollista vastata useampaan vaihtoehtoon. Tämä on perusteltavissa sillä, että on tarpeetonta rajoittaa vastaajan mahdollisuuksia vastata kysymykseen, jolle ei ole yksiselitteisesti oikeaa vastausta.



Kuva 12. Vastausten yhteenvetokuvaaja kysymykseen: Mikä on oleellisin tietoa BIM-tuotemallissa (LVI-/ CAD-objektissa) suunnittelijan kannalta?

Kuvan 12 pylväskuvaajasta on nähtävissä, että 3D-mallia ja mittatietoa arvostettiin kaikista eniten. Tämä vahvistaa aiemmat päätelmät mittatiedon ja siihen perustuvan 3D-mallien kehittämis- ja ylläpitotarpeista. Lisäksi avoimen vastauskentän vastausten perusteella tuli toivomuksia valmiiden 3D-objektien luomisesta kokonaisvaltaisempaan suuntaan, joka vastaisi yritysten koko tuoteportfolion sisältöä. Tämä voi olla yksinkertaista ajateltaessa sarjatuotantoa, mutta sovelluskohteeseen räätälöitävien tuotteiden osalta tämä on huomattavasti haastavampaa. Painehäviötiedon ja äänitiedon tarjoaminen suunnitteluvaiheen sovelluksia varten on suunnittelijoiden kannalta tärkeää. Tarve on ymmärrettävä ja vaatimus näiden tarpeesta on perusteltavissa jo pelkästään rakennusmääräyksillä, esimerkiksi 796/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä (2017) ja C1 (1998), Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet (D1 ja D2).

Vaihtoehto (muu) mahdollisti vapaan vastaamisen kysymykseen. Vastaajista 23 % täytti myös vapaan vastauksensa kysymykseen. Monet vastauksista olivat linjassa edellä esiin tulleiden tulosten kanssa. Taulukossa 4 esitetään perusvaihtoehtoista poikkeavat osa-alueet. Taulukosta 4 on huomattava, että vastaukset on koottu ja tiivistetty, joten siitä ei saa kokonaiskuvaa yksittäisen vastauksen sisällöstä.

Taulukko 4. Yhteenveto suunnittelijoiden erikseen mainitsemista ominaisuuksista, joita BIM-tuotetietomallin tulisi sisältää tai joiden tulisi toimia ongelmitta

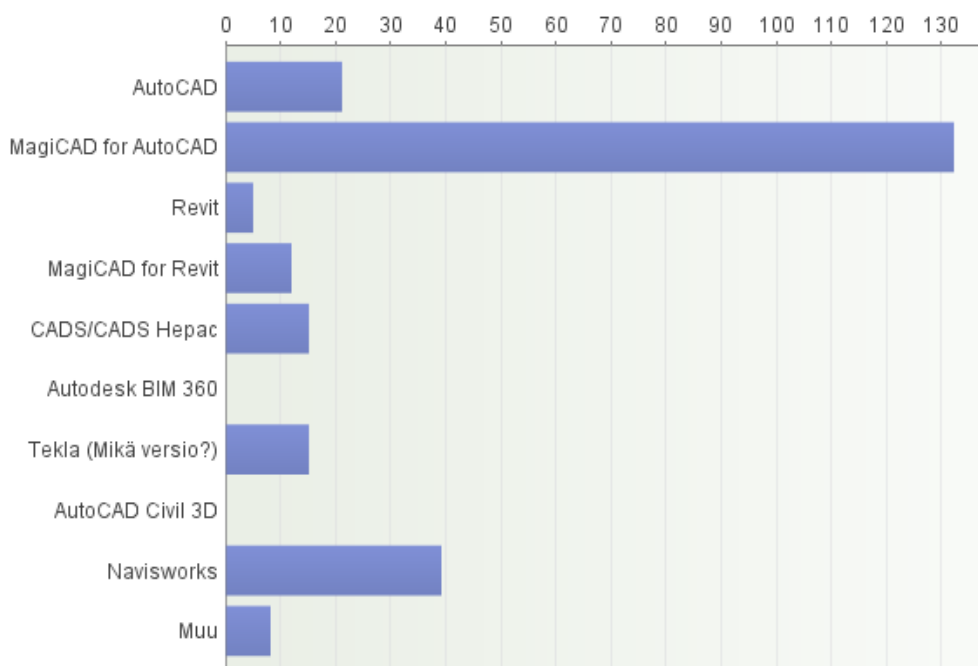
Ominaisuus	Selite
Liitännät	Kaikki mahdolliset liitännäsmahdollisuudet, Liitännät todellisilla paikoillaan 3D-mallissa
Tilavaraukset	Huoltotilan tai laitteen vaatiman tilavarauksen ilmoittaminen jo objektitiedossa
Ominaisuustieto	Laitteen ominais- ja ominaisuustieto, joka liitetään malliin tai sen yhteyteen (tekniset tiedot, väri, massa, materiaalit)
Virtaustiedot	Fluidin virtaukseen liittyvän taulukkotiedon tarjoaminen ohjelmistossa tai objektitiedossa
Nostokorkeus	Pumpun nostokorkeuden ilmoittaminen, jos objektilaitte sisältää lisävarusteena, kiinteästi siihen liitetyn pumpun (esim. kondenssipumpun käyttö kondensoivissa puhallinpattereissa)
Teho	Lämmitys ja Jäähdytyslaitteiden tehon tuotto
Heittopituus	Heittopituudet ilmastointijärjestelmien päätelaitteille
Muutosloki	Mallien muutoslokitiedon tarjoaminen suunnittelijoille parhaassa tapauksessa reaaliajassa

Taulukkoon 4 listatuista ominaisuuksista liitännät, virtaustiedot ja teho ovat suunnittelun kannalta helpoimmin ymmärrettävissä olevia tarpeita. Nämä ovat ominaisuuksia, joiden tarjoaminen suunnittelukäyttöön on ensisijaisen tärkeää. Ensisijaista tietoa tarjottaessa voidaan laatia jo perustason suunnitelmia, kun ei mennä yksityiskohtiin kuten heittopituuksiin. Muut luokitellaan tässä tutkimuksessa lisäinformaatioksi. Suunnittelijan ajatellessa kokonaisvaltaisempaa suunnittelua, johon rakennusten tietomallintamisellakin pyritään, on hyvin ymmärrettävää, miksi nämä ominaisuudet esiintyvät vastauksissa.

Toisaalta esimerkiksi virtausdynaamisten ominaisuuksien tai niiden visualisointiin tarkoitetut sovellukset eriytetään usein perinteisistä CAD-suunnitteluohjelmista. Kokonaisvaltaisen virtausdynaamisen (CFD) ominaisuustiedon sisällyttäminen malleihin ei ole täysin ongelmaton, sillä suunnitteluohjelmistot aiheuttavat tähän omat rajoitteensa. Näin ollen esim. heittopituuksien mallinnus pelkän objektitiedon perusteella esimerkiksi MagiCAD:ssä, ei ole tällä hetkellä mahdollista. Ilmiöiden mallintamiseen ja visualisointiin käytetäänkin usein virtausdynamiikkaan erikoistuneita ohjelmistoja, kuten Autodesk® CFD ja COMSOL MultiPhysics®. Tarkoituksena kysymyksessä oli kuitenkin tunnistella suunnittelijoiden tarpeita sekä tämän tiedon valossa vaatia asiakkaana ohjelmistokehittäjiltä kehittymistä kohdekäyttäjäryhmän tarpeita vastaavaan suuntaan.

Mitä ohjelmaa käytät pääsääntöisesti tietomallin tai piirustusten tuottamiseen?

Tietomallinnukseen käytettyjen sovellusten käyttömääriä selvitettäessä MagiCAD for AutoCAD osoittautui selkeästi enemmistön eniten käyttämäksi sovellukseksi. Kysymyksen tulokset ovat nähtävissä kuvasta 13. Vastaajista 92 % käytti MagiCAD:iä tietomallintamiseen.



Kuva 13. Vastausten yhteenvetokuvaaja kysymykseen: Mitä ohjelmaa käytät pääsääntöisesti tietomallin tai piirustusten tuottamiseen?

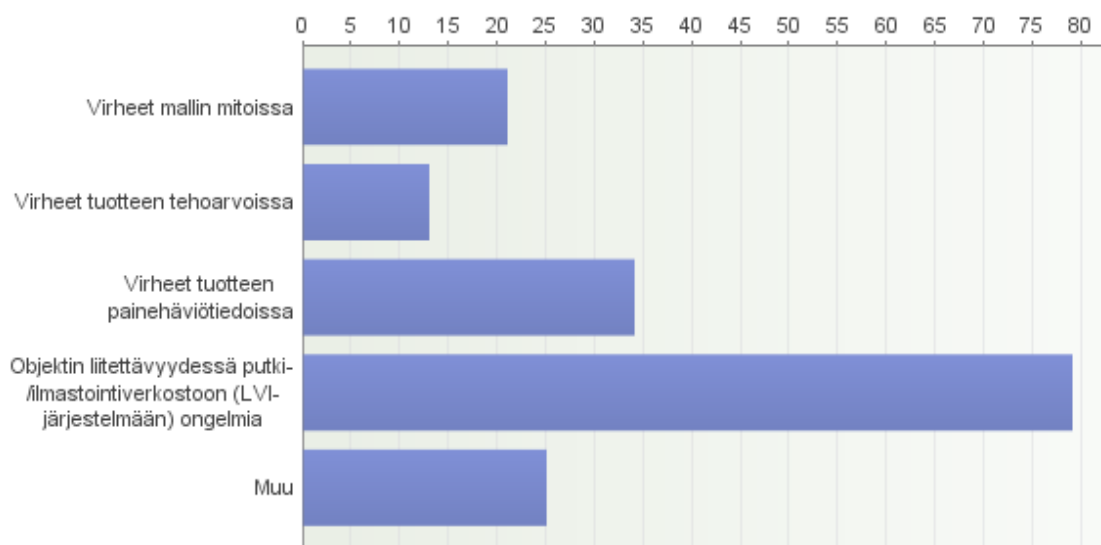
Kuvasta 13 nähdään, että toiseksi eniten käytetty sovellus oli vastaajien perusteella Navisworks. Toisaalta vapaasti täytettävässä vastauskentässä ilmenneen Solibri:n todellista osuutta on vaikea arvioida, sillä sen mainitseminen vaati vastaajalta erityistä aktiivisuutta. Näin ollen sen todelliseen käyttömäärään ei voida ottaa kantaa tämän kyselyn aineiston perusteella.

Kuvasta 13 on myös nähtävissä, että muiden sovellusten osuudet ovat selkeästi pienemmät kuin MagiCAD:n AutoCAD-version. Huomion arvoista on myös AutoCAD:n ja Revit:n välisten osuuksien erot sekä niitä vastaavien MagiCAD-versioiden erot. Tämä johtuu osaltaan AutoCAD:n suuremmasta osuudesta suunnittelutoimistojen ohjelmistoportfoliossa. Tämä selviää osaltaan AutoCAD:n ja Revit:n välisten osuuksien eroja sekä niihin liitettävien MagiCAD-versioiden osuuksia vertailemalla. Osuudet ohjelmistojen käytöstä eivät ole absoluuttisia totuusarvoja, jos ajatellaan suomalaisia LVI-suunnittelutoimistoja kokonaisvaltaisesti. Tulokset ja niiden esittely pyrkiikin kuvailemaan sovellusrakennetta ja niiden suhteita yleisellä tasolla. Tulokset vastaavat aiemmin esitettyä internethakuihin perustuvaa selvitystä ohjelmistojen dominoivuudesta hakutermeittäin.

Yleisimmät ongelmat, jotka liittyvät CAD-objekteihin?

Kysymys yleisimmistä ongelmista CAD-objekteihin liittyen laadittiin perustuen aiemman testivaiheen kyselyyn. Lisäksi yrityksen henkilöstölle tulleiden palautteiden perusteella kysymys katsottiin tärkeäksi osaksi kyselyä. Tässä vaiheessa haluttiin tietää, kuinka yleisiä kukin ilmoitetuista ongelmista oli ja oliko ohjelmistojen käytössä kokonaan tuntemattomia ongelman lähteitä.

Kuvan 14 pylväskuvaajasta on selkeästi nähtävissä ongelmakohtien yleisyys etenkin putkiliitettävyyden osalta. Enemmistö (68,83 %) kysymykseen 120:stä vastanneesta ilmoitti putkiliitännöiden olevan ongelmallista CAD-objekteihin liittyen. Kysymystä ei yksilöity yksittäiseen ohjelmistoon.



Kuva 14. Vastausten yhteenvetokuvaaja kysymykseen: Vastausten yhteenvetokuvaaja kysymykseen: Mitä ohjelmaa käytät pääsääntöisesti tietomallin tai piirustusten tuottamiseen?

Ottaen huomioon MagiCAD:n osuuden vastauksissa edellä käsiteltyyn kysymyseen sekä aiemmin tehtyyn selvitykseen sen suosioista pohjautuen hakukonehakuihin. Tällöin voidaan olettaa, että suurin osa vastaajista peilaa kokemuksiaan MagiCAD:n käytöstä. Oletus voidaan perustella pelkästään tarjolla olevien objektikirjastojen saatavuudella, joita eri ohjelmistoihin on saatavilla.

Tämän kysymyksen tarkoituksena oli pyrkiä kartoittamaan mahdollisia ongelmakohtia, joita suunnittelijat kohtaavat CAD-objektien käytössä. Tuloksista nähtävät ongelmat voidaan ottaa huomioon mahdollisen lisäosan suunnittelussa ja ne on mahdollista jakaa ohjelmistotoimittajan kanssa. Näin ongelmat on mahdollista poissulkea lisäosan, CAD-objektipäivitysten tai kokonaan uusien objektien luomisessa.

Toiseksi eniten ongelmia oli tietoaineiston laadussa. Nämä ongelmat eivät sellaisenaan liity ohjelmiston käytettävyyteen. Tiedon laatuun ja oikeellisuuteen liittyvät ongelmat, on esitetty tulokuvajaan kolmessa ylimmässä vaihtoehdossa. Näistä suurimman osuuden omaavat, painehäviötiedon puuttumisesta tai tietoaineiston virheellisyydestä johtuvat ongelmat. Tiedon virheellisyys voi aiheuttaa virhearviointeja suunnittelussa, jos tarjottuun tietoaineistoon luotetaan varauksetta. Lisäksi se aiheuttaa ongelmia suunnittelijan käyttäessä ohjelmaa ja virheellisen aineiston aiheuttaessa lopulta virheilmoituksia esimerkiksi tasapainotuslaskentaa suoritettaessa. Tämä puolestaan aiheuttaa välillisesti ongelmia ohjelmiston käytettävyyteen. Nämä ongelmat olisi voitu poissulkea aineiston varmentamisella lähtökohtaisesti.

Ongelmat liittyen kysyttyihin aiheisiin ovat suhteellisen yleisiä ottaen huomioon mahdollisuudet niiden välttämiseen. Näihin ongelmakohtiin tulisikin puuttua jo tilausvaiheessa. Lisäksi tulisi varmistua ja kartoittaa objektien tai ohjelmistojen tilausvaiheessa tietoaineiston oikeellisuuden merkitys. Virheet lähtötiedoissa aiheuttavat ainakin jossain määrin lisäkuluja yrityksille, koska virheistä aiheutuu ajan menetystä ja mahdollisia suunnitteluvirheitä.

Muita suunnittelijoiden listaamia ongelmia olivat puutteet päivitystiedoissa tai epävarmuus objektien ajantasaisuudesta. Yksi yleisimmistä kommentteista oli, että valmistajilla on vain valikoitunut joukko tuotteita objektikirjastoissa, kun taas suunnittelijan tarve olisi kokonaisvaltaisempi. Vastauksista oli tulkittavissa, että suunnittelijat toivoivat objektivalikoiman esittämistä täydellisemmin niin, että objektikirjasto vastaisi todellista tuoteportfolioa paremmin. Lisäksi mainittiin, että äänitiedot on esitetty usein puutteellisesti ja tuotteiden nimeäminen eroaa valmistajien tuote-esitteiden tiedoista. Joissain tapauksissa objektien puuttuminen objektikirjastoista on selitettävissä tuoteryhmien laajalla kustomoitavuudella. Kuitenkaan tämä ei selitä kokonaisuudessaan kaikkia puutteiden syitä.

Tuotteiden sisällyttäminen kirjastoihin on vapaaehtoista ja näin ollen mahdollisuus mielivaltaiseen valintaan on korkea. Kuitenkin kustomoitavien tuotteiden osalta osalla valmistajista on käytössä ohjelmistoja, joilla kustomoitavalle tuotteelle voi konfiguroida objektin ja ladata tämän jälkeen MagiCAD:iin. Nämä ovat kuitenkin usein suunnattu yhdelle tuoteryhmälle kuten ilmastointikoneille. Yksi vastaajista kertoi kuitenkin, että; lisäosilla tehdyissä objekteissa on yleensä niin paljon ongelmia,

että niitä tulee harvemmin käytettyä. Tämä kertoo siitä, että kustomoinnin mahdollistaminen erillisellä ohjelmistolla tai lisäosalla ei ole täysin ongelmaton. Vaikka kyse on yksittäisen vastaajan huomiosta, konfiguroitavuuden lisääntyessä myös riskit virheisiin ja mallien virheisiin kasvavat. Riskit ovat tällöin huomioitava ja niiden välttäminen on varmistettava erittäin tarkoin.

Kuinka ongelmalliseksi koet erillisen valintaohjelman käytön verrattuna MagiCAD (tai vastaavaan) ohjelmaan integroituun pluginiin?

Kysymyksessä on huomioitavaa, että alkuperäisessä kyselyssä käytettiin epähuomiossa lisäosan sijasta sanaa plugin. Kysymysten alkuperäisyyttä ei haluttu rikkoa, joten lisäosan synonyymi esiintyy myös työssä esitetyissä kysymyksissä.

Enemmistö kysymykseen vastanneista ei koe erillisten ohjelmien käyttöä ongelmaksi. Toiseksi suurin osa käyttää mieluiten erillisiä valintaohjelmia. Tulosten perusteella ei saada yksiselitteistä selkeää kuvaa siitä, kumpi vaihtoehdoista on parempi, erilliset ohjelmat vai MagiCAD:iin sisällytetty lisäosa. Varovainen arvio kokonaisuudesta on kuitenkin, että suunnittelijan kannalta ei todellisuudessa ole merkitystä, onko tieto saatavilla lisäosien, objektien vai erillisten valintaohjelmien kautta. Päätelmään päästään, kun katsotaan kyselyn tuottamaa informaatiota kokonaisuutena ja yksittäiset poikkeukset jätetään huomiotta.

Tätä periaatetta sovellettaessa näyttää siltä, että vastaukset osoittavat mielipiteiden kääntyvän enemmän lisäosia vastaan kuin niiden puoleen. Tämä korreloi sekä edellä esitetyn vastaajan kommentin, että kyselyn muiden osuuksien vapaiden kenttien vastausten kanssa. Kyselyn aineistosta selviää mm. toivomukset valintaohjelmien ja objektien pitämisestä erillään ja lisäosien päivittämiseen liittyvät ongelmat. Myös huolenaiheita lisäosien toimivuudesta ja järjestelmän kuormittavuudesta ei tule jättää huomiotta. Toisaalta muutamat hyvin toteutetut lisäosat saavat kehuja käyttäjiltä. Kootusti voidaan sanoa, että hyvin toteutettu lisäosa tuo suuren lisäarvon suunnittelijalle, kun lisäosan käyttö opitaan ja se omaksutaan käytettäväksi työkaluksi suunnittelussa. Toisaalta tähän liittyy verrattain suurempia riskejä lisäosan tarjoavalle osapuolelle kahden tai useamman ohjelmiston yhteensovittamisessa kuin mitä liittyy eri ohjelmistojen erillään pitämiseen. Tällöin vastuu lopputuloksesta jää vahvemmin suunnittelijan huolehdittavaksi.

Laitevalmistajien tarjoamien MagiCAD (tai vastaavien) pluginien tuoma lisäarvo suunnitteluun, verrattuna MagiCloud (tai vastaavan) tyyppiseen objekti-kirjastoon?

Kysymyksessä pyrittiin selvittämään suunnittelijan tarve erilliselle lisäosalle, joka synkronoituisi esimerkiksi MagiCAD:n yhteyteen. Lisäosa mahdollistaisi tuotteen mitoituksen ja objektin valinnan mitoistuloksiin perustuen. Lähtökohtaisesti yleinen mielikuva oli, että tämän tyyppisen kysymyksen vastaukset olisivat lisäosan puolesta puhuvia. Kuitenkin tuloksista on nähtävissä, että yleisnäkymältään pylväsdiagrammi osoittaa lähes päinvastaista, mitä projektitiimissä oli ennakoitu. Vastanneista 15 % kertoo, ettei lisäosa tuo mitään merkittävää hyötyä suunnitteluun. Ver-

taamalla edellisen kysymyksen vastauksia kysymykseen ongelmista erillisten ohjelmien käyttöön liittyen voidaan todeta, että suunnittelijat eivät välttämättä tarvitse lisäosia suunnitteluun.

Tulosten perusteella näyttää siltä, että lisäosissa on usein ongelmia tai suoranaisia ohjelmointivirheitä. Lähes 50 % vastanneista ilmoittaa lisäosien olevan keskeneräisiä tai niiden sisältävän virheitä. Ottaen huomioon, että lisäosat tilataan usein yrityksen ulkoiselta osapuolelta korkea prosentti keskeneräisyydestä tai ohjelman virheelisyydestä on vähintäänkin arveluttavaa. Toisaalta tässä ei yksilöidä virheen lähdettä, joten on vaikeaa sanoa, mitkä ovat yleisimmät virhelähteet näissä tapauksissa. On kuitenkin yksiselitteistä, että virheitä ja ongelmia lisäosien kanssa on ja niihin tulee varautua, jos lisäosa päätetään tilata.

Mikä on oleellisin tieto/toiminnallisuus, jonka MagiCAD pluginit (tai vastaava) tarjoavat tai haluaisit niiden tarjoavan?

Kysymyksessä pyrittiin määrittämään suunnittelijoiden tarpeita koskien MagiCAD lisäosaa. Kysymyksen asettelu perustuu siihen, että siinä on esitetty ominaisuuksia, jotka pystytään tarjoamaan jo pelkillä objekteilla. Toisaalta siihen on sisällytetty ominaisuuksia, jotka ovat toteutettavissa pelkästään lisäosan avulla. Peruseriaatteena on hierarkia, jossa lisäosa pystyy tarjoamaan kaikki ne ominaisuudet, joita objekteihin on liitetty, mutta objekteilla ei voida kattaa kokonaan lisäosan tarjoamia ominaisuuksia. Tutkimuksen edetessä on selvinnyt, että lisäosan on laitevalmistajan näkökulmasta tarjottava objektien sekä yrityksen nykyisen valintaohjelman tarjoama tietokokonaisuus yhdistetyssä muodossa. Lisäosaan voidaan sisällyttää myös ominaisuuksia näiden kahden osan ulkopuolelta.

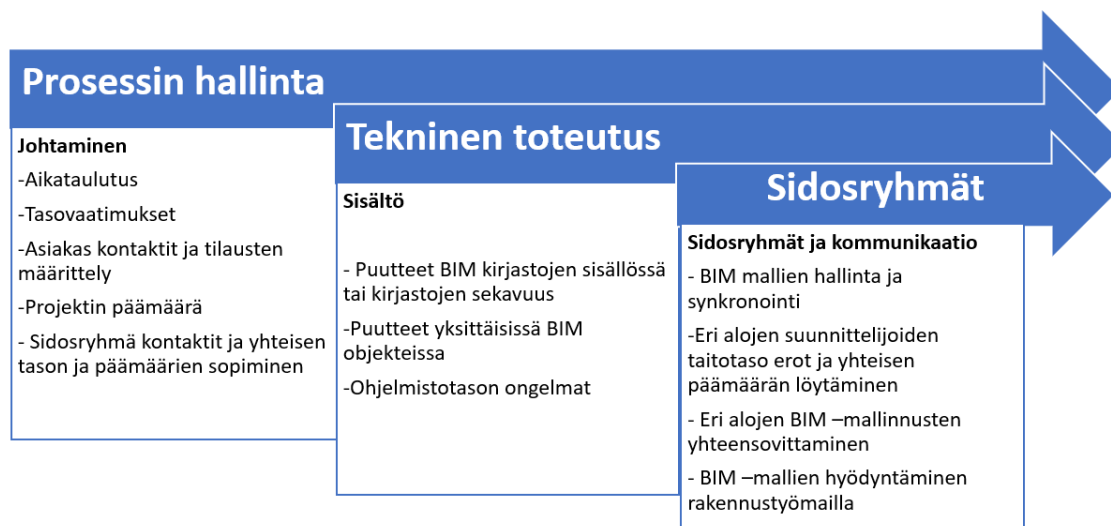
Kysymyksen tuloksista on nähtävissä, että suurin osa suunnittelijoiden tarpeista liittyy mitoistustietoihin sekä 3D-objektin ominaisuuksiin. Nämä tiedot ovat tällä hetkellä mahdollista tarjota objektitarjonnalla sekä erillisellä valintaohjelmalla. Toimitus-/Asennusaikaan tai kokonaisvaltaisia laitetilaustietoja ei edellä mainituilla tavoilla ole tällä hetkellä mahdollista tarjota. Nämä ominaisuudet olisi mahdollista lisätä lisäosan avulla tietokokonaisuuteen. Toisaalta pieni osa suunnittelijoista, jotka vastasivat kysymykseen, näkee nämä osat tarpeellisenä osana omassa työssään. Tässä otetaan huomioon suunnittelijan lisäosan tarpeen kartoitus edellisestä kysymyksestä. Näyttää siltä, että suunnittelijoiden enemmistön tarpeet ovat tältä osin tyydytettävissä erillisillä sovelluksilla, 3D-objektitiedoilla ja selainpohjaisella valintaohjelmalla.

Vapaasti täytettävästä vastauskentästä saatujen vastausten perusteella muita ominaisuuksia, joita suunnittelijat toivoivat olivat laite- ja sovellus kohtaiset simulointiominaisuudet. Lisäksi huoltotilojen tarpeiden näyttäminen koettiin tarpeelliseksi sovellustasolla. Toisaalta vaihtoehdot toimitus- ja asennusaikojen sekä laitetilaamiseen liittyvien tietojen osalta ovat tärkeämpiä tietoja urakoitsijoille kuin suunnittelijoille. Yksi vastaajista huomioikin tämän seikan ja näin ollen niitä ei pidä jättää kokonaan pois mahdollisista ominaisuuksista, kun pyritään kokonaisvaltaisempaan BIM mallintamiseen. Lisäksi painotettiin lisäosan saumatonta toimintaa ohjelmisto-

pohjan kanssa, johon se on suunniteltu. Tämä heijastaa mahdollisesti lisäosien yhteydessä kohdattuja ongelmia, jotka ovat nähtävissä osin myös tämän kyselytutkimuksen tuloksista.

Mitkä ovat yleisimmät haasteet BIM mallintamiseen liittyen?

Suunnittelijoilta kysyttiin myös yleisimmistä haasteista, joita BIM-mallintamiseen liittyy. Vastauksien perusteella ongelmat BIM-mallintamiseen liittyen voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Jako suoritetaan tällöin niiden syntyalkuperän perusteella. Vastaukset jaettiin prosessin hallintaan, tekniseen toteutukseen ja sidosryhmiin liittyviin ongelmiin. Tämä jako haluttiin tehdä, jotta mallintamiseen liittyvät ongelmat olisivat helpommin yhdistettävissä ja tarkasteltavissa. Tämä on pyritty esittämään prosessina kuvassa 15 ja eri osien vaikutusta prosessiin on pyritty havainnollistamaan kaaviossa alla. Huomioitavaa kaaviossa on, että prosessinuolet kuvaavat ilmenemissuhteita ja niiden kumulatiivista vaikutusta myöhempisiin prosessin osiin.



Kuva 15. Prosessimalli yleisimmistä haasteista BIM mallintamiseen liittyen

6.2.2 Vastauksista muodostettu malli prosessin hallintaan

Prosessin hallintaan liittyvissä ongelmissa hyvin yleisenä ilmenevä ajan puute on nähtävissä vastauksista selkeästi. Tämä tiedostettiin jo kyselyä suunniteltaessa yrityksen omaan kokemukseen perustuen. Tämä oli yhtenä syynä siihen, että kyselyä pyrittiin tekemään selkeä ja nopeasti täytettävä kokonaisuus. Suunnittelijoiden kiireen tunteeseen näyttäisi vastausten perusteella vaikuttavan niin mallinnustason, tilausten määrittelyn, projektin tavoitteiden ja päämäärien hämärtyminen. Lisäkuorimituksia ja aikaa vieviä osuuksia syntyy projektin edetessä yhä lisää ja näyttää siltä, että vaikutukset kumuloituvat prosessin loppua kohti.

Johtamisen merkityksen suunnittelijat näkevät tärkeänä osana BIM-mallintamista. Mahdollisuus vaikuttaa suunnitteluun käytettävään aikaan on suunnittelijalla rajallinen. Siten prosessin aikataulutuksesta, mallinnustasosta ja tilausten määrittelystä

vastaavien tahojen merkitys nähdään erityisen tärkeänä koko projektin onnistumisen kannalta. Lisäksi nostettiin esiin, että projektin tavoitteiden ja päämäärien asettelu on usein sekavaa tai ne pääsevät hämärtymään suunnittelun edetessä. Tällöin voi syntyä mielikuva, että BIM-mallista tulee tärkeämpi kuin lopullisesta rakennuskohteesta. On tärkeää huomioida tavoitteiden ja päämäärien asettelussa, mitkä ovat BIM-mallin käytön kohteet. Tullaanko sitä käyttämään ainoastaan suunnittelussa vai onko sillä merkitystä myös rakennuksen loppukäyttäjän kannalta.

Suunnittelun tason, siihen käytettävän ajan ja siitä saatavan korvauksen suhteutuksesta on useita huomioita. Yleinen mielipide näyttäisi olevan, että asiakas on halukas tilaamaan mallin, joka on huomattavasti laajempi kuin mitä hän on valmis siitä maksamaan. Puhutaan ylimitoitetuista mallinnusvaatimuksista. Vastauksista selviää myös, että mallinnusvaatimukset voivat muuttua kesken prosessin. Tämä puolestaan aiheuttaa lisäkuluja kummallekin osapuolelle sekä aiheuttaa haasteita suunnittelijoille. Vastauksien perusteella voidaan korostaa johtamisen ja tilauksia määrittelevien henkilöiden merkityksellisyys projektin alussa. Ristiriitaisuuksien huomiointi ja sopiminen jo ennen mallinnustehtävien aloittamista ehkäisisi ongelmien kumuloitumisen prosessin alavirtaa kohden.

Prosessin hallinnan merkitys on koko rakennusprojektin kannalta erityisen tärkeä. Sen aiheuttamat hyödyt tai haitat vaikuttavat koko prosessin ajan ja niiden korjaaminen voi olla suunnittelija- tai yksilötasolla mahdotonta myöhemmissä vaiheissa.

Tekninen toteutus

Yksi merkittävä haaste suunnittelijoille oli BIM-objektien puuttuminen tai niiden vajavainen tietosisältö. On muistettava, että kyselyn vastaajat koostuvat pääsääntöisesti LVI-suunnittelijoista. He mallintavat taloteknisiä järjestelmiä, jotka koostuvat usein lukuisten valmistajien komponenteista. Objektit voivat sisältää sovitteita, joiden avulla suunnittelija pystyy mallintamaan tai simuloimaan todellisen järjestelmän toimintaa. Lisäksi objekteja käytetään fyysisen järjestelmän mallintamiseen, jossa huomioidaan mm. komponenttien sijoittelu, huoltotilavaraukset sekä putki- ja kanavaristeilyt. Näin ollen oikean, fyysisistä komponenttia vastaavan objektin löytyminen objektikirjastoista yksinkertaistaa ja nopeuttaa suunnittelijan työtä merkittävästi.

Yleinen ongelma suunnittelijoiden mukaan oli puutteet laitevalmistajien tuoteportfolioissa tai kokonaisten tuoteryhmien puuttuminen. Lisäksi puutteita oli objektien mitoitustiedoissa ja fyysisissä mitoissa tai tiedot olivat kokonaan virheellisiä. Laitevalmistajien tuoteportfolioita ja sen kokonaisvaltaisuutta vastustaviakin mielipiteitä esiintyi vastauksissa. Suuret kirjastot nähtiin sekavina ja suunnittelua haittaavina objektien etsimiseen kuluvan ajan takia. Toisaalta ongelman ydin ei tässä tapauksessa välttämättä ole tarjottavan tietomäärän koko vaan ennemminkin tietoaineiston jäsentely. Kirjastojen hakukoneiden, laitevalmistajien lisäosien tai muun vastaavan lopputuloksen tarjoavan järjestelmän kehittämisellä on mahdollista edesauttaa oikean tiedon löytämistä suuresta aineistosta.

Tekniseen toteutukseen liittyviä haasteita oli myös suunnitteluohjelmistoissa, joiden sanottiin sisältävän suoranaisia ohjelmointivirheitä. Toisaalta on huomioitava, että kysymys on suunnittelijoiden mielipiteistä ja kokemuksista. Esimerkiksi ohjelmiston

kaatuminen ei välttämättä aiheudu ohjelmointivirheestä vaan syy on suorittavassa järjestelmässä tai mallien kasvamisessa liian suuriksi. Tällöin käsiteltävä tietomäärä ylittää käytettävän järjestelmän suorituskyvyn. Mallintamista ja suorituskykyä parantamaan on ehdotettu aiemmin konseptuaalista BIM-tietokantaa, joka pyrkii optimoimaan ohjelmistot ja eri sidosryhmien mallit yhtenäiseksi sekä yksilöllisesti kohdenetuksi alustaksi. Tätä mallia voidaan käyttää optimoidummin pienemmillä laitteistovaatimuksilla. Käyttö olisi tällöin optimoitu vain yksittäisen mallinnustilanteen vaatimusten mukaiseksi. Tällöin merkityksetöntä tietoa ei käsiteltäisi suunnittelijan käytöjärjestelmässä vaan se olisi tallennettuna palvelimelle. (Dave, Kubler et al. 2015)

Sidosryhmät

Rakennushankkeen koko elinkaarta tarkasteltaessa LVI-suunnittelijat kertovat kohtaavansa suuria haasteita, jotka aiheutuvat eri sidosryhmien BIM-osaamisen tasoeroista tai eroavista käytännöistä. Haasteita nähdään mm. eri alojen mallien yhteensovittamisessa ja projektin toimijoiden välisessä kommunikaatiossa. Lisäksi BIM-mallien hallinta, päivitys synkronointi eri alojen suunnittelijoiden välillä nähdään haastavana. Toisaalta rakennuttajien ja siten myös rakennustyömailla BIM-mallien käytössä nähdään puutteita.

Yleiset tietomallivaatimukset nostetaan esiin yhteisten toimintatapojen löytämistä helpottamaan, mutta myös itse vaatimukset saavat kritiikkiä niiden jäämisestä jälkeen kehityksessä. Lisäksi eroavaisuus mallinnusvaatimustarkkuudessa eri alojen välillä nähdään haastavana. Tämä voi aiheuttaa ongelmia suunnitteluvaiheessa eri alojen mallien yhteensovittamisessa tai vasta rakennusvaiheessa risteävistä suunnitelmista johtuen.

6.3 Parametritarkastelun tulosten analysointi

Parametritarkastelun tarkoituksena oli työn otsikon mukaisesti määritellä parametrien merkitys suunnitellun lisäosan kannalta. Työn aiheen mukaisesti kyse on määrittelystä, eikä niinkään suorien johtopäätösten tekemisestä. Tarkoituksena on parantaa valmiuksia tulevaa päätöksen tekoa varten. Tehdyt johtopäätökset ovat siis ehdotuksia toteutusmalleista ja niissä esiin nostettujen parametrien painotuksista. Ne perustuvat työssä saatuihin tuloksiin.

Määrittely suoritettiin teetetyn kyselyn, ohjelmistokartoitusten, ohjelmistokehittäjien kanssa pidettyjen keskusteluiden ja sähköpostiyhteydenpitojen perusteella. Oleelliseksi parametreiksi lisäosaa varten määriteltiin 24:n parametrin joukko. Nämä parametrit sisällyttämällä lisäosan tietokokonaisuuteen varmistutaan järjestelmän toimivuudesta tämän hetkisessä tilanteessa. Kaikkiaan oleelliset parametrit, jotka nähdään välttämättöminä lisäosan kannalta ovat merkitty Liitteen 3 sarakkeeseen (Välttämätön parametri) merkinnällä (TOSI). Tämä tulos vastaa prosessikaaviossa tuloksena tulevia (Välttämätön parametri) tuloksia.

Tuloksissa on huomioitava, että kyseessä on tämän hetkisen ohjelmiston ja parametristen tietojen tila. Tulevaisuudessa nämä molemmat tulevat oletettavasti kehittymään. Mahdollisia päätöksiä tehtäessä tämän työn perusteella tulevaisuudessa

tuleekin sen hetkinen tilanne kartoittaa ja näiden tulosten ajantasaisuus validoida uudelleen.

Lisäksi huomioon otettavaa on, että parametritarkastelussa yksittäisten parametrien painoarvo on eri suuruinen. Osalle parametreista annettiin lausunto niiden merkityksestä suunnittelijan kannalta. Parametrien määrittelyssä saatujen tulosten on taas tarkoitus antaa kuva yksittäisen parametrin merkityksestä itse sovelluksen kannalta. Näin ollen päätöksen teossa on otettava käsittelyyn nämä kaksi osatekijää.

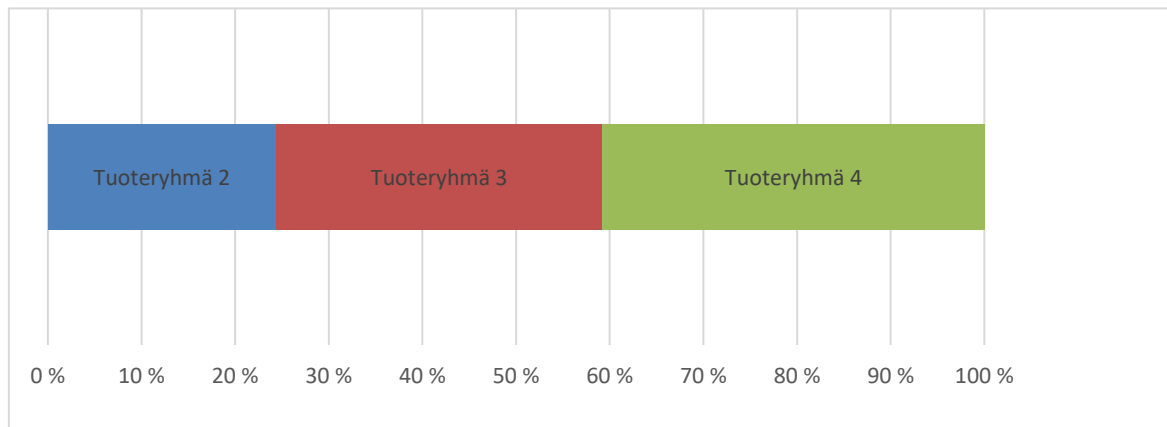
Lisäksi yksi huomioitava seikka, joka valintojen tarkastelussa tuli ilmi, kun suoritusarvoja tai niihin liittyvää syötetietoa ei tilastoida. Tämä tuli ilmi, koska haluttiin sulkea pois valinnat, jotka eivät ole käytännössä mahdollisia. Tämä olisi onnistunut tilastoitujen suoritusarvojen avulla, mutta tähän ei ollut mahdollisuutta tämän hetkiselä ohjelmistoversiolla. Tämä huomioidaan epävarmuustekijänä tulosten käsittelyssä ja ehdotuksissa kehityskohteeksi, jotta tarkastelu olisi mahdollista rajata paremmin tulevaisuudessa. Tämä tarkoittaa myös sitä, että tuotteiden yleisimpiä käyttöalueita ei ole mahdollista määrittää tätä kautta. Tosin ne on käytäntöön perustuvien kokemusten, mittausten ja laskennallisten mallien pohjalta jo ennalta selvillä. Näin tietojen tilastoinnin puuttuminen rajoittaa vain satunnaisten kokeilujen rajaamista pois. Tämä on kuitenkin pyritty huomioimaan, rajaamalla tarkastelu pelkästään suunnittelutoimistoista peräisin olevaan valintadataan, joka osaltaan parantaa oletettavasti tarkastelun luotettavuutta.

Edellä mainittu oletamus perustuu siihen, että työkseen ohjelmistoa käyttävillä voidaan olettaa olevan periaatetasolla selvää missä suuruusluokissa lähtöarvot on syötettävä jotta valinta olisi realistinen. Kokeiluilta tässäkin tapauksessa ei voida välttyä, mutta voidaan varmuudella päästä todellisuutta paremmin kuvaavaan lopputulokseen.

6.3.1 Parametrien luokittelu

Parametrien luokittelun kannalta työssä käytetty tuoteryhmän määritelmä on tärkeä. Tämä määriteltiin jo aiemmin tässä työssä, mutta työn kannalta määrittely nähdään tärkeänä selkeyttämisen vuoksi, että se käsitellään tässä uudelleen. Työssä tuoteryhmiä on neljä ja yksi tuoteryhmä koostuu laitteista, jotka ovat ulkoisesti samanlaisia ja ne on tarkoitettu samoihin käyttösovelluksiin, kuten esimerkiksi sairaaloihin, toimistoihin tai hotellihuoneisiin. Jokaisen tuoteryhmän sisällä on useampia eri variaatioita saman tuoteryhmän puhallinpatterista, joilla voidaan toimia esimerkiksi eri tehoalueilla. Tuoteryhmien todellisia nimiä ei tässä työssä voida paljastaa, joten ne määritellään juoksevasti numeroiden tuoteryhmiksi 1–4.

Tuoteryhmien 2–4 osuudet ovat nähtävissä kuvassa 16. Kuvan 16 kuvaajasta näkyy valintaohjelman vuotuiset osuudet vuosien 2016–2017 välisenä aikana. Tuloksista on selvästi nähtävissä, että Tuoteryhmän 1 laitteet dominoivat valinnoissa. Tästä johtuen keskitytäänkin kolmeen muuhun tuoteryhmään, koska Tuoteryhmän 1 tuotteita ei ole tarpeellista tutkia enempää tältä osin, niiden ollessa automaattisesti mukana projektin kohdetuotteina.



Kuva 16. Tuoteryhmien 2-4 osuudet valinnoissa

Tämän osuuden tarkoituksena on antaa ensivaikutelma painoarvosta, joka tuoteryhmille annetaan lisäosaa suunniteltaessa. Suurimman osuuden omaavalle tuoteryhmälle annetaan suurin painoarvo ja vastaavasti pienimmän osuuden omaavalle tuoteryhmälle pienin painoarvo.

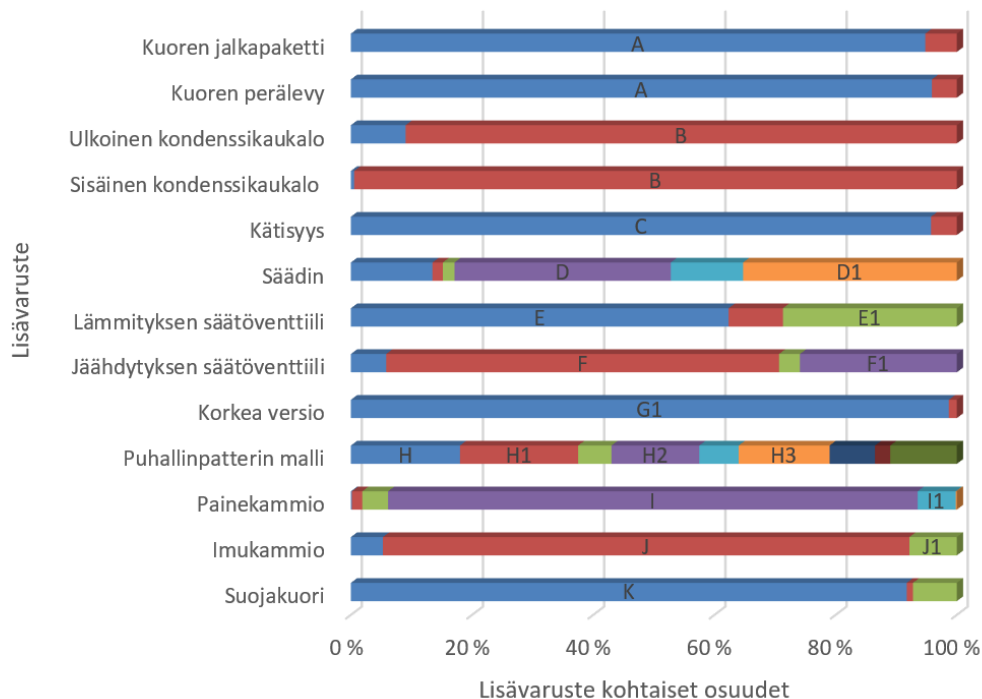
Edellä mainituista syistä halutaan painottaa, että tuoteryhmällä 1 on suuri merkitys valmisteltavassa ehdotuksessa, jos suunnittelijoiden apuvälinettä suunniteltaessa tai suunnitelmia toteutettaessa joudutaan priorisoimaan toteutustyö pienempiin osiin. Tällöin ensimmäiset laitteet valikoidaan suurimman osuuden omaavasta tuoteryhmästä. Tarkoitushan on vastata suunnittelijoiden tarpeeseen ja paras vaste kysyntään saadaan tällöin ensimmäisen tuoteryhmän sovelluksilla. Parametri tarkastelun tulokset käsitellään myöhemmin kokonaisuudessaan tämän työn seuraavassa osassa.

6.3.2 Lisävarustevalintojen tarkastelu

Lisävarustevalintatarkastelun tarkoituksena on määritellä suunnittelijan tekemien valintojen tilastolliset osuudet. Osuuksien perusteella on mahdollista tehdä päätelmiä sovellusten oletusvalintojen asetusarvoista. Tässä on huomioitava myös yrityksen oma näkemys parhaista asetusarvoista. Näin ollen tämän tarkastelun ja siinä tehtyjen johtopäätösten tarkoituksena ei ole antaa absoluuttista tulosta oikeasta valinnasta asetusarvoksi. Sen tarkoituksena on antaa kuva menneisyydestä, jota on mahdollista soveltaa, jos parempaa referenssiä ei ole saatavilla.

Seuraavaksi kuvaillaan ja pohditaan lisävarusteluokittelun tulosta, johon päästiin suodatustoimien ja edellä kuvassa 5 esitetyn prosessikaavion avulla. Kuvaajassa on esitetty vain osa lisävarusteista ja laajempi määritys onkin liitetty työn loppuun liitteeseen 3.

Kuvassa 17 osuudet ovat yhteenlaskettuja osuuksia kaikille laitteille eli, jos sama lisävaruste esiintyy useammassa tuoteryhmässä, kaikkien laitteiden osuudet sisällytetään saman lisävarusteen alle. Valikoituneet lisävarusteet käsitellään seuraavaksi yksitellen.



Kuva 17. Koko laiteportfoliosta koskeva lisävarustevalintojen jakauma

Suojakuori

Parametrin vaikutus käsittää ainoastaan suurimman tuoteryhmä 1 aineiston. Valintavaihtoehtona suunnittelijalla on valita alakaton asennuksen ulkopuolisiin ratkaisuihin tuotteen rakennetta verhoava suojakuori. Parametrin tarkastelu osoittaa, että valinnalla K tehtyjen valintojen osuus oli tuoteryhmän valinnoista 93 %. Lisävarusteena toimitettavia vaihtoehtoja tämän parametrin alla on kaksi erilaista ratkaisua. Parametrin valinnan kokonaisosuus kaikista valintaohjelmassa tehdyistä valinnoista oli 7 %. Vaikka parametri vaikuttaa 3D-muotoon, sitä ei pidetä välttämättömänä suunnittelun tässä vaiheessa. Lisäksi sen vaikutus kokonaisratkaisun kannalta ei ole merkittävä. Myös sen suosio valintojen määrään perustuen viittaa siihen, että lisävarusteena luokitellun parametrin sisällyttäminen tietomalliin ei näin ollen ole ratkaisuvassa merkityssuhteessa kokonaisratkaisun osalta.

3D-mittoihin vaikuttaessaan lisävarusteen merkitystä tulee kuitenkin pohtia CAD-lisäosaa suunniteltaessa, jotta suunnittelijalla olisi mahdollisuus ottaa huomioon laitteen tarvitsema tilavaraus. Tässäkin tapauksessa lisävarusteen pois jättäminen lisäosasta on perusteltavissa. Tämän tyyppinen ratkaisu tehdään usein tiloihin, missä sisäkattoa ei ole ja asennustilaa on enemmän suhteessa alakattoasenteisiin vaihtoehtoihin. Lisäksi suunnittelijan vastuulla on varata riittävästi tilaa laitteen ympärille.

sen oikean toimivuuden takaamiseksi. Näin ollen lopputulos parametrin sisällyttämisestä CAD-lisäosaan, tulee harkita varauksella. Riskinä on merkitykseltään pienen parametrin sisällyttäminen ohjelmaan, joka ei vaikuta tämän vaiheen suunnittelun lopputulokseen merkittävästi.

Valinnan lisääminen 3D-suunnittelun kannalta vastaa pohdinnan alla olevien CAD-sovellusten osalta kokonaan uuden laitteen mallintamista. Sitä ei tällä hetkellä ole mahdollista lisätä konfiguroituvana osana laitteen 3D-malliin. Eli valittaessa kyseinen lisäosa tuotemalliin palautteena saatava 3D-malli on oma tiedostonsa, joka vaatii kokonaan oman mallinnustyönsä. Ominaisuuden pieni osuus ja edellä perustelluista syistä toteutuksen kannalta ei nähdä oleellisena ominaisuuden sisällyttämistä valikoimaan ensimmäisessä vaiheessa. Tulevaisuudessa kyseinen ominaisuus voidaan lisätä valikoimaan, jos koko tuoteportfolio päätetään toteuttaa kokonaisvaltaisena ja täydellisenä koko yrityksen tuotevalikoimalle. Tässäkin tapauksessa ehdotetaan, että tuotemallin tulee olla konfiguroitava jolloin ylimääräisiltä objekteilta ja kirjaston kokonaisuuden sekavoittamiselta vältytään.

Imu- ja painekammio

Kuvassa 17 imukammioiden osalta valinnan J1 osuus valinnoista tuoteryhmällä 2 oli 28 %, jolloin valinnan J osuus tehdyistä valinnoista oli 72 %. Tuoteryhmällä kolme vastaavat valintojen osuudet olivat 4 % ja 96 %. Vaikka valinnoista päätellen valinnan J1 osuus on hyvin pieni, niiden sisällyttäminen tietomallin tietosisältöön on välttämätöntä, koska ne vaikuttivat merkittävästi 3D-muotoon ja ilmapvirtaukseen painehäviöiden muodossa. Tätä lisävarustetta tarvittaessa on otettava huomioon myös sen merkitys laitteen tilavarauksia suunniteltaessa.

Vastaavasti kuvassa 17 painekammioiden osalta valinnan I1 vaikutus kokonaisratkaisussa on huomioitava, vaikkakin se jätetään useimmissa suunnittelutilanteissa pois. Tuoteryhmän 2 tuotteet suunniteltiin 72 %:ssa tapauksista valinnan I mukaisesti. Vastaavasti tuoteryhmän 4 tuotteista 97 %:ssa tapauksista suunniteltiin valinnan I mukaisesti. Nämä ominaisuudet on vastaavin perustein otettava huomioon tuotetietomalleja BIM-kirjastoon lisättäessä.

Puhallinpatterimalli

Puhallinpatterimalliparametri vaikuttaa olennaisesti tuotteen kokoon tuoteryhmien sisällä. Lisäksi sillä on vaikutussuhteita mallien asennustapaan liittyen. Ensisijaisesti olisi luontevaa luokitella tämä parametri välttämättömäksi parametriksi, mutta tässä tapauksessa haluttiin tutkia, onko kaikkia malleista sisällytettävä alkuvaiheessa tietomallikirjaston malleihin. Kuvasta 17 on nähtävissä, että puhallinpatterimallien valinnat jakautuvat erittäin tasaisesti. Suurimpia osuuksia saaneet valinnat on korostettu kuvaajassa. Valinta H1 omaa suurimman osuuden yksittäisistä valinnoista, osuuden ollessa 20 %.

Puhallinpatterimallin osalta voidaan tehdä kaksi vaihtoehtoista johtopäätöstä tuloksiin pohjautuen. Ensimmäisessä vaihtoehdossa tarvittavat 3D-mallit luodaan vain ryhmän yhdelle patterimallille, kuten kuvassa 17 esimerkiksi H1 valinnan mukaiselle

vaihtoehdolle. Tällöin vältetään ylimääräiseltä 3D-mallintamiselta ja tuotteiden suoritussarvot sisällytetään tämän mallin alle tuotetietoina. Toisessa vaihtoehdossa 3D-mallit luodaan kaikille malleille erikseen ja näihin sisällytetään yksilöidyt tuotetiedot. Tämän työn näkökulmasta ja pohjautuen edellä esitettyyn tässä työssä teetettyyn kyselytutkimukseen ehdotetaan jälkimmäistä toteutustapaa, jos kyseinen tuoter ryhmä viedään BIM-kirjastoon. Tämä perustellaan sillä, että suunnittelijat ovat toivoneet tämän tyyppistä ratkaisua kyselyssä. Toisaalta ensimmäisen vaihtoehdon toteutustapa ei vastaa kysyntään täydellisesti, vaikkakaan erot mallien välillä eivät ole suuria.

Korkea versio

Parametri on merkityksellinen vain tuoteryhmän 1 tuotteille. Tämä valinta on tehty 1 %:ssa tuotteista. Vaikka osuus on erittäin pieni verrattuna perusmallien osuuteen, jossa ominaisuus on pois käytöstä, ei tätä parametria ole mahdollisuus jättää pois CAD-lisäosasta ja sen tietomallikirjastosta. Merkitys on suuri 3D-mallin muotoon. Lisäksi se saattaa vaikuttaa olennaisesti kondenssipumpun valintaan tai sen pois jättämiseen. Suunnittelijan on otettava tämä huomioon tämän tyyppistä järjestelmää suunniteltaessa.

Kyseinen tuote on osittain tietomallinnettu mm. 3D-malliseksi jo aiemmin yrityksen BIM-kirjastoon. Näin ollen on selvää, että sitä ei ole mahdollista poistaa valikoidusta, vaikkakin sen osuus on hyvin pieni. Edellä mainituista syistä johtuen on selvää, että tämän lisävarusteen sisällyttäminen on tärkeää. Tärkeys perustuu tässä tapauksessa siihen, että tehtävillä päivitystoimilla ja uudistuksilla ei haluta aiheuttaa sekaannusta suunnittelijoiden keskuudessa. Tarkoituksena on ennemminkin lisätä mahdollisuuksia tuotteiden tietomallien yhä laajempaan käyttöön suunnittelussa.

Jäähdytyksen ja lämmityksen säätöventtiili

Vaihtoehtoisten venttiilien konfigurointimahdollisuutta tietomallissa on pohdittu. Osa venttiileistä on ulkoisia ja osa sisäisiä. Riippuen siitä minkälaisen valinnan suunnittelija tekee, konfiguroituisi venttiili automaattisesti myös tietomalliin. Tämä vaikuttaisi suoraan tietomallin 3D-muotoon ja painehäviöihin. Kuvassa 17 venttiilien keskimääräinen oletusvalinta kautta tuotelinjoihin on 66 %. Perusvalinnoista valtaosaan ei siis tehdä muutoksia. Kuitenkaan tämä ei ole yksikäsitteinen viittaus siihen, että venttiilit tulisi jättää tietomallista huomiotta. Niiden vaikutukset tietomallin 3D-mittoihin ovat hyvin pienet, mutta painehäviö vaikutukset vastaavasti ovat suuremmat. Lisäksi venttiilit jäävät huoltotilaksi varattavan alueen sisään, joten näin ollen niiden 3D-muodon mallintaminen tietomalliin ei välttämättä ole tarpeellista.

Lisäarvo suunnitelmassa 3D-mallinnetulla venttiilillä on tässä tilanteessa lähinnä kosmeettinen ja sen tuoma lisäarvo on enimmäkseen havainnollistamista parantava. Tietomallin kannalta venttiileillä on vaikutus esimerkiksi putkiverkoston tasapainotukseen, jolloin venttiilin painevaikutukset on huomioitava. Venttiilien työmäärää lisäävä vaikutus on suhteellisen pieni ottaen huomioon kokonaistyön laajuuden tuotetietomallien mallintamisessa. Huomioitava seikka on, että venttiilien tullessa alihankkijoilta voidaan valmiiden tuotetietomallien yhdistämistä harkita, jos alihankkijalta nämä mallit löytyvät. Lisäyksiä voidaan myös tehdä vasta, kun alihankkija on

tuonut tuotetietomallinsa kirjastoon. Toisaalta on mahdollista sisällyttää tuotetietomalleihin pelkästään painetiedot venttiilikohtaisesti, jotta suunnittelijoiden tekemien tasapainotuslaskelmien tarkkuutta saadaan parannettua. Tuotteiden yhdistettävyydestä olisi siis syytä keskustella sekä valmistajien, yrityksen ja alihankkijoiden välillä, että ohjelmistokehittäjien kanssa. Tällä päästäisiin parhaaseen lopputulokseen, jossa jokainen osapuoli hyötyisi resursseja säästään.

Kätisyys

Kuvassa 17 kätisyyden valinnoissa on nähtävissä, että 96 % on perusvalintoja. Laittevalinnoissa perusvalinnaksi käsitetään oletuksena oleva valinnan C mukainen rakenne. Ominaisuus on saatavissa ainoastaan tuoteryhmien 2 ja 4 tuotteille, joten sen sisällyttämistä malleihin on harkittava ainoastaan, kun näitä tuotteita ollaan viemässä BIM-kirjastoon. Tämä on tärkeä ominaisuus, mutta sen varianssi on häviävän pieni. Tuotetietomalliin sisällyttämisen ollessa teknisesti mahdollista voidaan ominaisuuden sisällyttämistä kuitenkin harkita. Haasteiden tai teknisen toteutuksen ollessa vaikeaa tai sen sekavoittaessa lisäosan rakennetta voidaan se jättää pois kokonaisuudesta sen valintaosuuteen perustuen.

Puhallinpattereiden osalta tämän tyyppistä toteutusta, jossa tuotteen kätisyyttä voisi vaihtaa, ei selvityksessä löydetty. Selvityksessä käytiin läpi eri valmistajien tuotemalleja MagiCloud-tuotemallikirjastosta. Syynä tähän on mahdollisesti, ettei katselmuksessa läpikäydyillä valmistajilla ole tapana tarjota eri kätisiä vaihtoehtoja tai niitä ei ole vain mallinnettu kuin yhdellä tavalla. Huomioon pantavaa on kuitenkin, että patterituotteilla tämä ominaisuus löytyy lähes poikkeuksetta valmistajasta riippumatta. Tällöin on selvää, että tekninen toteutus on mahdollinen kyseisessä ohjelmistopohjassa ja sen tarjoamista on harkittava, kun tuoteryhmien 2 ja 4 kohdalla tehdään päätöksiä tuotetietomallien rakenteesta.

Taloautomaatioon liitettävyyys

Erilaiset ratkaisut rakennuksen taloautomaatioon liittyen on vuorostaan tasaisemmin jakaantunut ryhmä kautta tuotelinjojen. Tämän vaikutukset itse suunnittelusovellukseen on tämän hetkiselä ohjelmistolla tyydytettävissä raporttiparametreihin sisällytettävällä tiedolla. Lisäksi taloautomaation yksityiskohtainen suunnittelu on useissa tilanteissa LVI-suunnittelijan työn ulkopuolella. Tässä ei väitetä, etteikö suunnittelija joutuisi miettimään suunnitelmaansa taloautomaationkin kannalta, mutta tämä osuus jää useissa tilanteissa toisten sidosryhmien vastuulle. Näin ollen on luontevaa, että lisäosaa CAD-sovellukseen LVI-suunnittelijoille suunniteltaessa taloautomaation osuus jää pieneksi. Näin ollen se voidaan sisällyttää tietomalleihin parametritietona, joka on mahdollisesti tulostettavissa yhteenvetoraportteihin.

Tuoteryhmän 4 3D-muotoon vaikuttavat lisävarusteet

Nämä parametrit ovat valittavissa vain tuoteryhmän 4 tuotteisiin. 3D-muotoon vaikuttaessaan niiden sisällyttäminen tuotetietomalleihin on huomioitava. Perusvalintojen osuus kuvassa 17 näiden parametrien osalta on keskimäärin 94 %. Näin ollen mallintaminen pelkkiin perusvalintoihin perustuvien parametritietojen mukaisesti on varteen otettava vaihtoehto. Perusvalinnoista poikkeavien valintojen 6 %:n osuutta

voidaan pitää erikoistapauksena ja näin ollen niiden sisällyttäminen lisäosan tuotetietomalleihin ei ole välttämätöntä. Valintaparametrit, jotka liittyvät tähän ryhmään on esitetty seuraavan sivun listassa.

- Ulkoinen kondenssikaukalo
- Kuoren perälevy
- Kuoren jalkapaketti

Edellä esitetty toimintatapa on vain mahdollinen skenaario, joka pyrkii yksinkertaistamaan mallia ja samalla vähentämään työmäärää vaikuttamatta kuitenkaan merkittävästi mallinnustyöhön tai lopputulokseen. Tällä ei tarkoiteta kuitenkaan sitä, että nämä ominaisuudet tulisi täysin sivuuttaa. Tuoteryhmän 4 tuotteille vaikutus 3D-malliin on suhteellisen pieni ja osa muutoksista tapahtuu laitteen äärimittojen sisäpuolella. Näin ollen on perusteltua sanoa, että näiden ominaisuuksien sisällyttäminen tai niiden välttämättömyys suunnittelijan kannalta ei ole ensi arvoisen tärkeää.

7 Johtopäätökset ja rajoitteet

Tämän luvun tarkoituksena on perustella paras mahdollinen toteutustapa kokonaisratkaisun kannalta, joka tämän työn tulosten perusteella olisi toteutettavissa. Kokonaisuudessaan MagiCAD-lisäosa tarjoaisi hyvin toteutettuna ja tarkoin määriteltynä parhaan mahdollisen vaihtoehdon suunnittelijan käyttöön. Taulukossa 5 on nähtävissä kuvaus tehdystä määrätyksestä.

Taulukko 5. Päivitysvaihtoehtojen vertailu

Ominaisuus/ Hyöty	Nykytila	MagiCloud-päivitys	MagiCAD-lisäosa
3D-mallinnus:			
· 3D-malli (esim. .dxf tai .rfa)	-	+	+
· Raitisilmaliitäntä	-	+	+
· Raitisilmaliitännän konfiguroitavuus	-	-	+
· Venttiilit malleihin	-	+	+
· Smart putkivedot (MagiCAD toiminnallisuus)	-	+	+
· Patterireititykset malleihin	-	+	+
Yhteensä:	-6	4	6
Laskennalliset ominaisuudet:			
· Painehäviökuvaaja	-	+	+
· Oikea painehäviökuvaaja malleittain	-	+	+
· Raitisilmahäviökuvaaja	-	+	+
· Mitoitusajo/Tasapainotuslaskelmat	-	+	+
· Määrälaskenta	+	+	+
· Laitevalinta/Mitoitus CAD-sovelluksessa	-	-	+
· IFC-optio muihin sovelluksiin	-	+	+
Yhteensä:	-5	5	7
Käyttäjän hyödyt:			
· Käytettävyys	-	+	+/-
· Omaksumistarve	-	+	+
· Opastus valinnassa	-	-	+
· Nopeus/Tehokkuus	-	++	+
Yhteensä:	-4	3	3
Laitevalmistajan kannalta:			
· Mielikuva BIM:stä	-	+	++
· Näkyvyys	-	+	+
· Asiakas-/Käyttäjätilastointi	+	+	++
· Kustannukset	+	+	-
Yhteensä:	0	4	4
Kokonaisuudessaan:	-15	16	20

Toisaalta lisäosan tilaamiseen ja sen määrittelyyn liittyy muutamia merkittäviä haasteita, jotka tulee ottaa huomioon tilausta määriteltäessä. Lisäksi MagiCloud-päivitys on varteen otettava vaihtoehto, joka käsittäisi objekti kirjaston datan päivittämisen ja tuotemalliston laajentamisen siten, että se vastaisi paremmin yrityksen tuoteportfolioa. Huomioon otettavaa on myös se, että tällä hetkellä MagiCAD-lisäosan tilaaminen edellyttäisi myös tuoteportfolio päivityksen toteuttamista ennen kuin lisäosa saataisiin tehtyä.

Parametritarkastelun, kyselytutkimuksen ja MagiCAD-määrittelyn perusteella tehdyt päätelmät eri ominaisuuksien suhteen esitetään myöhemmin taulukossa 5. Siitä on nähtävissä BIM-mallien nykytila ja päivitysmahdollisuuksien tuoma hyöty suhteessa nykytilaan. Päivitystoimet on mahdollista toteuttaa kahdella eri tavalla riippuen siitä, mihin mallien päivittämisellä pyritään. Ensimmäisessä vaihtoehdossa (MagiCloud-päivitys) on tarkoitus säilyttää nykyinen valintaohjelma erillään MagiCAD:stä ja toisessa (MagiCAD-lisäosa) se integroidaan lisäosan avulla ohjelmistoon.

Taulukosta 5 on nähtävissä päätelmät, jotka työn tulosten perusteella on tehty. Ideana tässä tavassa on tarkoitus vertailla ja erottaa eri vaihtoehdot toisistaan perustuen niiden tuottamaan hyötyyn. Pisteytys suoritetaan siten, että positiivinen merkki antaa yhteenlaskuun yhden pisteen ja negatiivinen yhden miinus pisteen. Neutraalia tulosta ilmaisee positiivisen ja negatiivisen merkin yhdistyminen kautta viivalla. Vertailuperustana toimii teoreettinen nykytila. Tällöin nykyiset valikoimasta löytyvät mallit olisivat ajan tasalla ja niiden tietosisällön laatu olisi hyvä.

Taulukosta 5 on selvästi nähtävissä, että nykytilanteessa oli merkittäviä parantamisen tarpeita suhteessa teoreettiseen tilanteeseen. Nykytila näyttäytyy taulukossa negatiivisessa valossa, koska malleissa on pieniä virheitä tai niiden tiedot eivät ole ajantasaisia. Tämä tarkoittaa, että niitä pystytään vielä käyttämään suuntaa antavina elementteinä suunnittelussa ja niihin sisällytetty tieto on suuntaa antavaa. Lisäksi on huomioitavaa, että kummankaan päivitystoimen positiiviset tulokset eivät ole automaattisesti saavutettavissa.

Esitellyt päivitysvaihtoehdot vaativat valvottua ja tarkoin määriteltyä tilausprosessia. Tilaus on tarkastettava sen jättämisen yhteydessä sekä sen vastaanotto hetkellä. Lisäksi lopputulos on validoitava, että se vastaa tilauksen kuvausta. Tehtäessä nämä vaiheet kunnolla ja oikein, voidaan varmistua lopputuloksen onnistumisesta. Ehdotuksena työssä esitetään, että yrityksen tuntemien suunnittelijoiden joukosta pyydetään myös erillinen arvio päivitystoimien onnistumisesta liittyen lopputuloksen käytettävyyteen.

3D-mallinnukseen liittyen suurin etu, joka päivitystoimilla saavutetaan on se, että mallikirjasto saadaan vastaamaan todellista valikoimaa. Tällä hetkellä mallivalikoima kattaa käytännössä fyysiseltä 3D-kooltaan kahden tuoteryhmän kaikki koot, vaikkakin kaikkia todellisia laitekonfiguraatioita ei ole saatavilla. Tämä ilmenee esimerkiksi eri patterireitityksiä omaavien variaatioiden puuttumisena. Tämä vaikuttaa puolestaan negatiivisesti esimerkiksi tasapainotus- ja mitoituslaskelmiin puuttuvien

painehäviötietojen takia. Lisäksi niiden mittatiedoista löytyi selvityksen aikana muutamia virheitä. Objekteissa on myös merkittäviä puutteita liittyen esimerkiksi painehäviötiedon tarjontaan. Lisäksi mallien nimeäminen BIM-kirjastossa ei vastaa tuotteiden rekisteröityjä nimeämistietoja.

Päivitystoimien yhtenä etuna on se, että suoritusarvotiedot saadaan liitettyä 3D-malleihin jokaisen todellisen mallin osalta siten, että tuotetiedot ja 3D-mallit vastaavat kaikkia laitteita. Tämä helpottaa myös suunnittelijan työtä huomattavasti. Tällä tavalla valintaohjelman tuotetiedot ja mallimerkinnot saadaan täsmäämään BIM-kirjaston kanssa. Edellä mainitut parannukset ovat saavutettavissa kummallakin päivitysvaihtoehdolla. Ainoa seikka, joka ei ole mahdollista käytännöllisesti toteuttaa kuin lisäosa vaihtoehdolla, on raitisilmaliitännän konfiguroitavuus. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että käyttäjän on mahdollista valita raitisilmaliitännän suunta. Tällöin raitisilmaliitäntä konfiguroituu objektiin automaattisesti. Pelkällä MagiCloud-päivityksellä tämä olisi mahdollista toteuttaa luomalla neljä samankaltaista mallia, jotka eroaisivat ainoastaan raitisilman suuntaan liittyvän tiedon osalta. Tämä ei ole käytännöllistä ja näin ollen siihen ei nähdä tarvetta, jos kyseessä on vain MagiCloud-päivitys. Lisäosan avulla tämä olisi käytännön kannalta järkevämpää toteuttaa ja sen toteuttamista suositellaan edellä mainituista syistä vain tässä tapauksessa.

Laskennalliset ominaisuudet MagiCAD:ssä eivät tällä hetkellä ole juurikaan toiminnassa yrityksen tuotemalleille siinä laajuudessaan, kun se on mahdollista. Mahdollisilla päivitysvaihtoehdoilla on vastaavat mahdollisuudet kattaa MagiCAD:n laskenta ominaisuudet, pois lukien laitevalintaan liittyvät mitoituslaskelmat CAD-sovelluksessa. IFC-optiolla tarkoitetaan luotujen mallien viemistä IFC:n avulla muihin sovelluksiin. Tämä on käytännössä tällä hetkellä mahdollista laitteiden 3D-mallien osalta, mutta muiden tietojen puuttuessa laitemalleista, jää IFC-option mahdollisuudet täyttämättä. Näin ollen nykytilanne nähdään vajavaisena, jonka takia se luokitellaan negatiivisena.

Tässä työssä teetettyyn kyselyyn sekä asiakaspalautteisiin perustuen, nykyisellään mallisto aiheuttaa suunnittelijoille ajan hukkaa ja vaikeuttaa suunnittelua. Kyselystä on nähtävissä, että ongelma on laajempi koskien useita toimijoita, joiden malleja löytyy MagiCloud:sta. Virheet ja ongelmat suunnittelusovellukseen liittyen vaikuttavat negatiivisesti mielikuviin sovelluksen käytettävyydestä sekä se vaikuttaa työskentelyn tehokkuuteen. Käytettävyyttä ja tehokkuutta on kuitenkin mahdollista parantaa tehtävin päivityksin mallistoon tai vastaavasti lisäosan avulla. Edellä esitetyt väitteet on perusteltavissa työssä teetetyn kyselyn perusteella.

Päivitystoimien avulla voidaan parantaa tehokkuutta ja kokemusta hyvästä käytettävyydestä. Tässä on huomioitavaa kuitenkin se, että jo pelkästään BIM-malliston päivityksillä voidaan saavuttaa paremmat tulokset tehokkuuteen liittyen. Tämä perustellaan työssä teetetyn kyselyn avulla, jossa osa käyttäjistä näki lisäosat usein virheitä sisältävinä ja vaikeina käyttää. Tämä voi olla seurausta toimintatapojen vakiintumisesta ja haluttomuudesta omaksua uusia sovelluksia käyttöön. Tästä syystä onkin harkittava tarkoin lisäosa-vaihtoehdon toteuttamisen lykkäämistä ja mahdollisesti keskittää resurssit malliston laajentamiseen samalla kun kehitetään malliston tietokokonaisuuden laatua.

Huomioitavaa on, että rakentamisen tietomallintaminen tulee laitevalmistajan näkökulmasta, nähdä asiakaspalvelun työkaluna. Sen oletetaan vaikuttavan yrityksen näkyvyyteen. Lisäksi sen oletetaan vaikuttavan suunnittelijoiden mielikuvaan yrityksenä, joka antaa tukensa suunnittelijoille rakennusten tietomallintamiseen liittyen. Nämä oletamukset perustuvat tässä työssä teetettyyn kyselyyn ja siitä tehtyihin tulointoihin. Lisäksi oletamukset näkyvyyden paranemisesta voidaan perustella kuvissa 10 ja 11 esitetyillä kuvaajilla ohjelmistosovelluksien jakautumisesta maittain. Tässä on syytä huomata, että esim. MagiCAD for Revit -version objekteilla saavutetaan eri maissa erilainen näkyvyys kuin esimerkiksi vastaavalla AutoCAD-versiolla.

Erot kustannuksissa olivat kahden kehitysvaihtoehdon välillä erittäin suuret. Objektien päivitystoimia voidaan pitää edullisena vaihtoehtona, kun sitä verrataan lisäosa-ohjelmiston tilaamisesta koituviin kustannuksiin. Vaihtoehtojen kustannukset eroavat toisistaan karkeasti 15 kertaaisesti. Lisäksi malliston päivitystoiminnot ovat taulukon 5 keskimmäisen sarakkeen tapauksessa yksinkertaisempia ja edullisempia toteuttaa. Näin ollen on hyvä huomioda, mikä hyöty saavutetaan tehtävillä kehitysvaihtoehdoilla ja samalla saavutetut hyödyt on hyvä suhteuttaa aiheutuneisiin kustannuksiin. Vaihtoehtoihin liittyviä kustannuslaskelmia ei tässä työssä voida esittää niiden sisältäessä luottamuksellisia tietoja ja näin ollen ne katsotaan yrityssalaisuuden piiriin kuuluviksi.

7.1 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen

Seuraavassa tarkoituksena on vastata työn alussa esitettyihin tutkimuskysymyksiin kysymyskohtaisesti. Vastausten tarkoituksena on tiivistää työn tulokset ja vastata niiden avulla asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Osuuden tarkoitus on olla tiivis ja siksi siinä on paljon viitteitä työn aiempiin osiin.

Mikä on oleellista tietoa LVI-suunnittelijoiden kannalta rakennusten tietomalleissa?

LVI-suunnittelijoiden kannalta oleellisin tieto on hierarkkisoitu työssä tehdyn parametritarkastelun ja teetetyn kyselytutkimuksen perusteella. Liitteen 3 taulukko antaa hyvän kuvan parametritiedon tärkeydestä tietomallintamiseen liittyen. Se on tehty lisäosan suunnittelua silmällä pitäen. Tämä on otettava huomioon, jos toteutusvaihtoehtoista valitaan taulukon 5 MagiCloud-päivitys mukainen toteutustapa. Liitteen 3 taulukko soveltuu käytettäväksi myös tässä tapauksessa, mutta vain soveltuvin osin. MagiCAD ja siihen luotavien tuotetietomallien rajoitteet toimivat tällöin rajoittavana tekijänä, joten ne huomioon ottamalla päästään suunnitelman mukaiseen hyvään loppu tulokseen.

Mitkä ovat käytännön rajoitteet suunnittelutyössä, ja miten rakennusten tuotetietomalli tarjontaa tulisi kehittää?

Käytännön rajoitteet suunnittelutyössä liittyvät suunnitteluun käytettävään aikaan, ohjelmistojen ominaisuuksiin tai niissä ilmentyviin virheisiin. Lisäksi BIM-objektien virheet tai objektien puuttuminen kokonaan hankaloittaa suunnittelutyötä. Suunnittelutyön rajoitteisiin on keskitytty esimerkiksi tämän työn osuudessa, jossa käsiteltiin suunnittelijoilla teetettyä kyselytutkimusta ja sen tuloksia.

Rakennusten tietomallintamista ja siihen liittyvää tarjontaa tulisi kehittää ennen kaikkea BIM-objektien valikoimaa laajentamalla. Toisaalta kirjallisuus osassa esitettyjen Lean:n ja rakennusten tietomallintamisen sekä RFID- ja BIM-teknologioiden yhdistämistä olisi suositeltavaa tutkia enemmän. Tutkimuksen kohteena olisi tämän työn perusteella keskityttävä käytännön sovelluksiin, jotka mahdollistaisivat näiden toimintojen käyttöön oton. Tämä vaatii laajaan selvitystyön ja sitä voidaan pitää yhtenä tulevaisuuden kehityssuuntana. Tarkoituksena ei ole, että näiden selvitystyöstä otetaan päätavoite, vaan ennemminkin tarkoituksena on kannustaa näidenkin kehityssuuntien tutkimiseen. Suurimmat hyödyt, jotka näiden teknologioiden avulla voitaisiin saavuttaa, liittyvät logistiikkaan ja tuotannon ohjauksen koordinointiin.

Mitä etuja saavutetaan suunnittelijan, suunnitteluyrityksen tai laitevalmistajan kannalta löydetyllä kehityssuunnalla?

Saavutettuja etuja, joita saavutetaan työssä ehdotetuilla kehityssuunnilla, on käsitelty tulosten analysointia käsittelevässä luvussa 6. Lisäksi taulukko 5 kuvaa merkittävimmät edut, jotka eri vaihtoehdoilla on mahdollista saavuttaa. Huomioitavaa edellä mainituissa tuloksissa on, että kehityssuuntien edut kokonaisuudessaan esitettyjen kahden vaihtoehdon välillä ovat hyvin pienet. Huomioitaessa kustannusten osuudet, jotka liittyvät näihin kahteen kehityssuuntaan, tullaan siihen lopputulokseen, että MagiCloud-päivitys on kaikista vaihtoehdoista kustannustehokkain suhteessa seurauksena saavutettuun hyötyyn. Näin ollen tässä työssä ehdotetaankin, että keskitytään rakennusten tietomallintamiseen liittyvän tietoaineiston tarjonnan laajentamiseen ja kehittämiseen objektipohjaisesti.

Mitkä ovat LVI-suunnittelijoiden asenteet rakennusten tuotetietomallintamista ja tuotetietomalleja kohtaan?

Työssä teetetyn kyselyn perusteella yleinen asenne rakennusten tietomallintamista ja tuotetietomalleja kohtaan on keskimäärin hyvin positiivinen. Suurin osa näki rakennusten tietomallintamisen välttämättömänä osana LVI-suunnittelua ja sen käytön katsottiin lisääntyvän tulevaisuudessa. Negatiivisia tunteita suunnittelijoissa aiheutti tekniseen toteutukseen liittyvien ohjelmistojen virheet ja toisaalta laitevalmistajien BIM-objektien puuttuminen BIM-kirjastoista. Laajempi selvitys on tehty kyselyn tulosten käsittelyn yhteydessä ja kysely kokonaisuudessaan on nähtävissä Liitteessä 1. Lisäksi suurena ongelmana nähtiin tietomallintamiseen todellisuudessa kuluvan ajan ristiriita suunniteltuun ajankäyttöön nähden. Tätä osa-aluetta on käsitelty muun muassa kyselyn tuloksia käsittelevässä luvussa 6.2, prosessin hallintaa käsiteltäessä.

Tutkimuskysymysten vastausten lisäksi ehdotetaan nykyisen valintaohjelman kehittämistä rakennusten tietomallintamista silmällä pitäen. Lopputuloksen kannalta tärkeintä on, että tarjolla on ajantasainen ja oikea tieto liittyen yrityksen laiteportfolioon. BIM-objektien saatavuuteen ja niiden päivitystoimiin on laadittava keskitetty päivitysohjelma, joka takaa mallien ajantasaisuuden suurimman osan ajasta. Ohjelmalla ei välttämättä tarkoiteta tässä kohtaa tietokonesovellusta vaan ennemminkin toimintasuunnitelmaa. Tässä ehdotetaankin, että ainakin laitteiden suoritusarvoihin liitty-

vät muutokset valintaohjelmassa synkronoitaisiin BIM-objektien tietojen kanssa. Yhtenä vaihtoehtona on luoda linkitetty tietolähde, josta aineisto otetaan käyttöön kumpaankin sovelluskohteeseen. Toinen vaihtoehto on muutoslokikirjan ylläpitäminen valintaohjelman tietojen päivittämiseen liittyen ja samalla tätä pidetään toteutustalvaltaan yksinkertaisimpana. Tämä perustellaan sillä, että lähtöarvot valintaohjelmaan pysyvät vakioomutoisina niin kauan kuin laitemallisto ei muutu. Uusia laitteita ei tule päivittäin tai edes kuukausittain valintaohjelmaan, joten päivitystoimienkaan ei pidä olla kovinkaan aktiivista. Näin ollen riittää, että tietoaineistosta kertova muutosloki tarkistetaan säännöllisin väliajoin. Tarkistus väli tulee määritellä sen mukaan kuinka aktiivista tuotekehitys on kunakin ajan jaksona.

7.2 Tulosten käyttöönotto

Työn tulosten perusteella kaikkia työssä esitettyjä ehdotuksia ei esimerkiksi aikataulurajoitteista johtuen, ole ehditty vielä ottaa käyttöön. Kuitenkin työn perusteella valikoitunut etenemismalli on otettu käyttöön MagiCAD-objektivalikoiman laajentamisen muodossa. Toteutusmalli vastaa työssä esiteltyä ja taulukossa 5 esitettyä MagiCloud-päivitysmallia. Tästä on tehty tilaus alihankkija yritykselle, joka on tuottanut jo ensimmäisessä vaiheessa tilatut objektit.

Objektien määrittelemine suoritettiin tämän työn tulosten perusteella ja tilauksen vastaanotto hetkellä objektit validoitiin niin kuin työssä on ehdotettu. Objekteista löytyi validoinnin yhteydessä kolme systemaattista epäkohtaa. Nämä korjautettiin ja tällä hetkellä odotetaan palautuvia objekteja korjausprosessista.

Edellä esitetty skenaario osoittaa sen, että tilaajaosapuolen tulee tuntea käytettävä sovellus ja sen ominaisuudet tilausta määriteltäessä. Lisäksi on huomioitavaa, että tilauksen määrittelyn ollessa tilaajan mielestä yksiselitteinen, ei voida olettaa, että se on sitä tuottavan osapuolen näkökulmasta. Tällöin on tärkeää, että huomioidaan tarkistustoimien tärkeys myös tilausta vastaan otettaessa.

7.3 Työn rajoitteet

Työn tulosten oikeellisuutta ja rajoittavia tekijöitä on pyritty kuvaamaan jo edellä. Seuraavaksi tarkoituksena on vielä kerrata työssä ilmenneet tulosten kannalta merkittävimmät rajoitteet.

Rajoitteita kyselytutkimukseen liittyen oli opiskelijoiden todellisen kohderyhmän jääminen tuntemattomaksi. Tämä johtui kyselyn julkistamisessa auttaneiden tahojen identiteetinsuojaamisvelvoitteesta. Näin ollen tuloksissa ei pystytty toteamaan todellisen kohderyhmän kokoa. Lisäksi osassa kyselytutkimuksen kysymysten muotoilua oli tulkinnaa varaa jolloin ei voida olla täysin varmoja näiden vastausten antamien tulosten absoluuttisesta yksiselitteisyydestä.

Parametritarkastelun osalta suurimmat epävarmuustekijät liittyvät olemassa olevan tiedon rajoitteisiin, kuten esimerkiksi suoritusarvojen puuttumiseen tietokanta-aineistosta. Tämä johtaa tuloksiin, jotka voivat pitää sisällään LVI-suunnittelijan ko-keiluja. Tämä puolestaan voi johtaa vääriin tulkintoihin, koska todellista sovellusta

kuvaavien valintojen osuus jää tuntemattomaksi. Tätä pohdittiin myös työssä ja todellisen riskin oletettiin olevan suhteellisen pieni olettaen, että suunnittelijalla ei ole ylimääräistä aikaa tuhlattavaksi kokeiluihin.

Työn rajoitteena voidaan nähdä myös käytettyjen otantojen sitominen aikaan parametritarkastelun ja sovellusten kansainvälisyyttä kuvattaessa. Ajalla on suuri merkitys kerätyn aineiston laatuun ja tämä pyrittiin huomioimaan työssä aineiston keräämisen yhteydessä. Sovellusten kansainvälisyyttä kuvattaessa, ei voida jättää huomiotta, että käytössä oli ainoastaan yhdessä hakukoneessa tehty haut. Lisäksi aineiston paikantamistieto perustuu IP-tietueisiin, joiden manipuloiminen on mahdollista. Näin ollen haku voidaan tehdä toisesta maasta hakukoneen sitä tiedostamatta.

Kokonaisuudessaan osa työn tuloksista on lyhyt aikaisesti valideja ja niiden soveltamisessa tuleekin huomioida rakennusten tietomallintamisen kehittyminen ja tulosten tarkasteluhetki. Lisäksi työn tuloksista tehty päätelmät ja analyysit ovat yhden henkilön tulkintoja työn tuloksista. Tällöin riskinä on, että näkökulmat jäävät suppeammaksi, mitä ne jäisivät esimerkiksi suuremmassa työryhmässä tehdyssä analyysissä.

8 Yhteenveto

Puhallinpattereiden ja niiden käyttäminen rakennuksen jäähdyttämisessä tai lämmittämisessä, vaatii laajan suunnittelutyön LVI-suunnittelijalta, jotta järjestelmä olisi toimiva ja sen rakentamiseen ei liittyisi ongelmia. Taloteknisten järjestelmien osuus rakennusvaiheessa ja etenkin käytön aikaisten kulujen osana on merkittävän suuri. Näin ollen niiden suunnittelussa tai rakentamisessa tehdyt virheet tulevat loppukäyttäjälle kalliiksi, joka voi johtaa jopa oikeuden käynteihin, kun etsitään syyllistä virheen lähteeltä. Ei tule myöskään unohtaa, minkä vuoksi näitä järjestelmiä suunnitellaan ja mikä niiden merkitys on. Yksi parhaista vastauksista liittyen rakentamiseen ja siten LVI-suunnitteluun, järjestelmien rakentamiseen ja niiden tarkoitukseen, on peräisin erään luennon professorilta maisteriopintojeni alkuajoilta.

”Buildings are built for people to live and work comfortably, effectively and safely – not only to save energy and environment!” -*Risto Kosonen Prof.*

Rakennusten tietomallintaminen luo mahdollisuuksia suunnittelussa tehtävien virheiden välttämiseksi ja lisäksi se mahdollistaa useampien ratkaisuvaihtoehtojen tutkimisen tietokoneavusteisesti ilman fyysisen järjestelmän rakentamisen tarvetta. Tämä parantaa suunnittelun laatua ja samalla ehkäisee virheiltä, mutta edellytyksenä on BIM-objektien ja niihin liitetyn tietoaineiston oikea ja ajantasainen sisältö.

Laitevalmistajan osuus jää usein pieneksi muun muassa mallinnusobjektien luomiseen tai laitevalintaan liittyvien tietojen tarjoajana. Työssä esiteltiin mahdollisia kehityssuuntia, joiden avulla on mahdollista laajentaa laitevalmistajan roolia rakennusten tietomallintamisen osana ja samalla esiteltiin ratkaisuja, joilla on mahdollista hyödyntää kehittyvää ilmiötä enemmän. Mahdollisuuksia työssä nähtiin etenkin Lean- ja BIM-konseptien yhdistämisellä sekä IoT:n ja esimerkiksi RFID-teknologioiden yhdistämisellä rakennusten tietomallintamiseen. Näistä saavutettuna hyötyinä merkittävimpinä etuina olivat laitteiden jäljitettävyyden ja toimitusten aikataulutuksessa. Kuitenkin edellä kuvattujen teknologioiden luomat mahdollisuudet nähdään tulevaisuudessa merkittävämpinä kuin tällä hetkellä. Tällä tarkoitetaan, että on suositeltavaa seurata edellä mainittujen teknologioiden kehittymistä valmiimmiksi konsepteiksi ja niiden käyttöönottoa vähitellen suositellaan.

Työssä teetettiin kyselytutkimus LVI-suunnittelijoille, jotka pyrkivät määrittelemään suunnittelijoiden tarpeita ja LVI-alan kehityssuuntia sekä asenteita rakennusten tietomallintamiseen liittyen. Kokonaisuudessaan nämä asiat onnistuttiin kuvaamaan ja tuloksissa on selkeitä viitteitä LVI-suunnittelijoiden yhtenäisistä mielipiteistä rakennusten tietomallintamisen kehityssuuntiin ja sen aiheuttamiin tarpeisiin liittyen. Kyselyn tuloksien voidaan katsoa olevan suuntaa antavia ja niitä ei pidä pitää absoluuttisena totuutena. Tämä johtuu rakennusten tietomallintamisen kehittymisestä koko ajan, joka voi osaltaan vaikuttaa suunnittelijoiden tarpeisiin ja suhtautumiseen rakennusten tietomallintamista kohtaan. Lisäksi on huomioitavaa, että kyselyyn vastasi vain osa Suomessa toimivista LVI-suunnittelijoista, joten tulokset eivät kata koko sidosryhmän kokoa. Työssä pyrittiinkin edellä mainituista syistä kuvailevaan tilastoanalyysiin.

BIM-objektien käyttöä kansainvälistymisen tukena pohdittiin myös työssä. Osuudessa selvisi, että sovellusten suosio jakautui maakohtaisesti ja tuloksista on nähtävissä suosion jakautuminen maittain. Mielenkiintoinen kysymys onkin, että voiko tätä selvitystapaa käyttää apuna suunniteltaessa kansainvälistymistä. Työssä arvioitiin ja perusteltiin, että tulokset antavat suhteellisen hyvän kuvan suosiosta menneisyydestä. Tuloksia ja työssä esiteltyä toteutustapaa voidaan soveltaa, jos halutaan kehittää ja etsiä uusia sovellettavia sovelluksia uusilla markkinoilla. Tulokset ovat suuntaa antavina tietoina sovellettavia sellaisenaan esimerkiksi uusia BIM-objekteja luotaessa muulle sovellukselle kuin MagiCAD for AutoCAD -versiolle, jolle yrityksellä oli objekteja jo olemassa. Rajoitteena tässä on se, että tulokset ovat valideja sovellettavaksi vain lyhyen aikaa, jonka jälkeen selvitys on tehtävä uudelleen. Aikaa, jonka tulokset ovat voimassa on vaikeaa arvioida, koska tätä ohjaa yksinomaan sovellusten kehittyminen ja niiden omaksuminen käyttöön.

Lopuksi työssä ehdotetaan, että yritys keskittyy BIM-objektien päivittämiseen ja niiden tietoaineiston laajentamiseen samalla, kun kehitetään toimintasuunnitelma tietoaineiston oikeellisuuden varmistamiseksi. Näillä toimilla saavutetaan suurin hyöty suhteessa kustannuksiin niin suunnittelijoiden kuin yrityksenkin kannalta. Kuitenkaan tämä ei tarkoita sitä, etteikö CAD-lisäosan luominen olisi kannattavaa tulevaisuudessa. Tällä hetkellä nähdään, että on kannattavampaa ja suunnittelijoiden kannalta suotuisampaa valita kehityssuunta, joka kyselytutkimuksen perusteella on ainakin yhtä hyvä vaihtoehto kuin CAD-lisäosan luominen. Tällöin myös kustannuksissa säästetään arviolta 15 kertainen summa verrattuna CAD-lisäosaan nähden. Lisäksi ehdotetaan, että objektien lisäämistä Revit-pohjaiseen MagiCAD:in pohditaan. Tällä olisi mahdollista kasvattaa yrityksen kansainvälistä näkyvyyttä rakennusten tietomallintamiseen liittyen. Tämä nähdään myös kustannustehokkaana vaihtoehtona edesauttaa kansainvälisille suunnitteluportaaleille pääsyä, kustannusten ollessa samaa suuruusluokkaa MagiCAD for AutoCAD -version objektien kanssa.

Lähdeluettelo

Abanda, F.H., Vidalakis, C., Oti, A.H. & Tah, J.H.M. 2015. A critical analysis of Building Information Modelling systems used in construction projects. *Advances in Engineering Software*. [Verkkolehti]. Vol 90. S.183-201. ISSN 0965-9978. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965997815001337>.

AGC. 2000. Contractors' Guide to BIM. The Associated General Contractors of America. [Verkkodokumentti]. Yhdysvallat. [Viitattu:15.01.2018]. Saatavissa: https://www.engr.psu.edu/ae/thesis/portfolios/2008/tjs288/Research/AGC_GuideToBIM.pdf.

American Machinist. 2012. The CAD/CAM Hall of Fame American Machinist. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 05.01.2018]. Saatavissa: <http://www.americanmachinist.com/cadcam-software/cadcam-hall-fame>.

Farid Ameziane. 2000. An information system for building production management. *International Journal of Production Economics*. [Verkkolehti]. Vol 64:1–3. S. 345-358. ISSN 0925-5273. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527399000717>.

Borg S. 2010. Kyselylomakkeen laatiminen - KvantiMOTV. Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto (FSD). [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 25.02.2018]. Saatavissa: <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kyselylomake/laatiminen.html>.

buildingSMART a. 2018. Technical Vision. buildingSMART. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 02.04.2018]. Saatavissa: <https://www.buildingsmart.org/standards/technical-vision/>.

buildingSMART b. 2018. IFC Introduction. buildingSMART. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 02.04.2018]. Saatavissa: <https://www.buildingsmart.org/about/what-is-open-bim/ifc-introduction/>.

buildingSMART c. 2018. IFC Overview summary. buildingSMART. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 02.04.2018]. Saatavissa: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview/>.

buildingSMART d. 2018. Software Certification. buildingSMART. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 02.04.2018]. Saatavissa: <https://www.buildingsmart.org/compliance/software-certification/>.

buildingSMART e. 2018. Certified Software. buildingSMART. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 27.04.2018]. Saatavissa: <https://www.buildingsmart.org/compliance/certified-software/>.

buildingSMART f. 2018. Core Purpose. buildingSMART. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 02.04.2018]. Saatavissa: <https://www.buildingsmart.org/about/vision-and-mission/core-purpose/>.

Cheng, M. & Chang, N. 2011. Radio Frequency Identification (RFID) integrated with Building Information Model (BIM) for open-building life cycle information management. Proceedings of the 28th ISARC. [Verkkodokumentti]. Soul. Korea. S. 485-490. Saatavissa: http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC23682.pdf.

Choi, H. & Varian, H. 2012. Predicting the present with Google Trends. Economic Record. [Verkkolehti] Vol 88. S. 2-9. ISSN: 00130249. doi:10.1111/j.1475-4932.2012.00809.x.

Eastman, C. M. 2011. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers designers, engineers, and contractors. 2nd ed. Hoboken, N.J.: Wiley. [eKirja]. eISBN-13: 9781118021675.

Dave, B., Kubler, S., Pikas, E., Holmström, J., Singh, V., Främling, K. & Koskela, L., 2015. Intelligent Products: Shifting the Production Control Logic in Construction (With Lean and BIM). International Group for Lean Construction. [Verkkodokumentti]. Australia. Heinäkuu 29-31. S.341-350. Saatavissa: https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/17643/A4_dave_bhargav_2015.pdf?sequence=1.

Dobelis, M. 2013. Drawbacks of BIM concept adoption, The 12th International Conference on Engineering Graphics BALTGRAF 2013. Kesäkuu 5-7. [Verkkodokumentti]. Riika. Latvia. Saatavissa: <https://ortus.rtu.lv/science/en/publications/16040/fulltext.pdf>.

Eastman, C. & Henrion, M. 1977. Glide: a language for design information systems, ACM SIGGRAPH Computer Graphics 1977. ACM. [Verkkodokumentti]. San Jose. Kalifornia. Yhdysvallat. Vol.11:2. S. 24-33. Saatavissa: https://dl.acm.org/ft_gateway.cfm?id=563863&ftid=83046&dwn=1&CFID=37397257&CFTOKEN=be7961d25cc91b39-ACD0E593-F342-1E8A-752243FBF3F71B3F. doi: 10.1145/965141.563863.

C. Eastman. 1976. General purpose building description systems. Computer-Aided Design. Vol 8. Issue 1. S. 17-26. ISSN: 0010-4485. doi: [https://doi.org/10.1016/0010-4485\(76\)90005-1](https://doi.org/10.1016/0010-4485(76)90005-1).

Finne C., Hakkarainen M., Malleson A. 2013. BIM_Survey_Finland_findings. RTS. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu:4.4.2018]. Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/tutkimus-ja_kehittamistoimita/6JKcTDSMO/BIM_Survey_Finland_findings.pdf.

Gobau T. 2017. A History of BIM. Aproplan. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 05.01.2017]. Saatavissa: <https://www.aproplan.com/blog/construction-collaboration/a-history-of-bim>.

Grant Clark. 2017. Why China's Great Firewall Bans Google and Pooh Bear. The Washington Post. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu: 5.5.2018]. Saatavissa: https://www.washingtonpost.com/business/why-chinas-great-firewall-bans-google-and-pooh-bear-quicktake/2017/11/30/d4ab9f34-d646-11e7-9ad9-ca0619edfa05_story.html?noredirect=on&utm_term=.6c676456f1b9.

Hannus Matti. 2000. RATAS - IT in Finnish Construction. VTT. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 2.3.2018]. Saatavissa: <http://cic.vtt.fi/projects/ratas/projects.html>.

Hu, Z., Tian, P., Li, S. & Zhang, J. 2018. BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase. *Advances in Engineering Software*. [Verkkolehti] Vol 115. S. 1-16. ISSN: 0965-9978. doi:<https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.08.007>.

Kamara, J.M., Anumba, C.J. & Evbuomwan, N.F. 2002. Capturing client requirements in construction projects. Thomas Telford. [Verkkolehti] ISBN: 0 7277 3103 3. doi: 10.1680/ccricp.31036.

Kiviniemi, A. & Fischer, M., 2004. Requirements management interface to building product models. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/frontdoor/index/index/docId/242>.

Knight, M.D. 2012. BIM object creation. *ASHRAE Journal*. [Verkkolehti]. Vol 54:11. New York. Yhdysvallat. S. 74-75. ISBN: 00012491.

Korman, T.M., Fischer, M.A. & Tatum, C. 2003. Knowledge and reasoning for MEP coordination. *Journal of Construction Engineering and Management*. [Verkkolehti]. Vol 129:6. S. 627-634. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:6(627).

Latiffi, A.A. 2014. The development of Building Information Modeling (BIM) definition. *Applied mechanics and materials*. [Verkkodokumentti]. Vol 567. S. 625. Saatavissa: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34927795/The_Development_of_Building_Information_Modeling_BIM_Definition.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1527156981&Signature=Y6jIMIVVfdR8cmJanf0JunPKBqU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DThe_Development_of_Building_Information.pdf.

Lee, G., Sacks, R. & Eastman, C.M. 2006. Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. *Automation in Construction*. [Verkkolehti]. Vol 15:6. S. 758-776. ISSN: 0926-5805. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2005.09.009>.

Liker, J.K. 2004. The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York. McGraw-Hill. S.352. ISBN: 0071392319.

Meadati, P., Irizarry, J. and Akhnoukh, A.K. 2010. BIM and RFID integration: a pilot study. *Advancing and Integrating Construction Education. Research and Practice*. [Verkkodokumentti]. Elokuu 3-5. Kairo. Egypti. S. 570-578.

Ocheoha, I.A. and Moselhi, O. 2015. Electronic kanban in construction using building information modeling, Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering. [Verkkodokumentti]. Vol 1. S. 648-655. Saatavissa: https://www.researchgate.net/profile/Pavan_Meadati/publication/228962800_BIM_and_RFID_integration_A_pilot_study/links/09e41508aba2e9698a000000/BIM-and-RFID-integration-A-pilot-study.pdf.

Penttilä, H. 2006. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. Journal of Information Technology in Construction (ITcon). [Verkkodokumentti]. Vol 11:29. S. 395-408. Saatavissa: https://itcon.org/papers/2006_29.content.02253.pdf.

Randolph, T.H., Riley, D.R. and Messner, J.I. 2005. Fundamental Principles of Site Material Management. Journal of Construction Engineering and Management. [Verkkolehti]. Vol 131:7. S. 808-815. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:7(808).

Rech, J. 2007. Discovering trends in software engineering with google trend. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes. [Verkkolehti]. Vol. 32:2. S. 1-2. doi: 10.1145/1234741.1234765. Saatavissa: https://dl.acm.org/ft_gateway.cfm?id=1234765&ftid=417403&dwn=1&CFID=37397257&CFTOKEN=be7961d25cc91b39-ACD0E593-F342-1E8A-752243FBF3F71B3F.

Rosen, S.L. 2010. Using BIM in HVAC design. ASHRAE Journal. [Verkkolehti]. New York. Yhdysvallat. Vol 52:6. S. 24. Saatavissa: <http://search.proquest.com/openview/c65f38d647ad24ce4733cfc904f90f0d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=41118>.

Sacks, R., Treckmann, M. and Rozenfeld, O. 2009. Visualization of work flow to support lean construction. Journal of Construction Engineering and Management. [Verkkolehti]. Vol 135:12. S. 1307-1315. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000102. Saatavissa: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000102>.

Sacks, R., Koskela, L., Dave, B.A. and Owen, R. 2010. Interaction of lean and building information modeling in construction. Journal of Construction Engineering and Management. [Verkkolehti]. Vol 136:9. S. 968-980.

Suomen Yrittäjät. 2018. Yrittäjyys Suomessa. [Verkojulkaisu]. [Viitattu: 21.05.2018]. Saatavissa: <https://www.yrittajat.fi/suomen-yrittajat/yrittajyys-suomessa-316363>.

Tillmann, P., Viana, D., Sargent, Z., Tommelein, I. and Formoso, C. 2015. BIM and Lean in the design-production interface of ETO components in complex projects. Proceedings of the 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. [Verkkodokumentti]. Perth. Australia. 28-31. S.331-340. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/profile/Daniela_Viana3/publication/281841520_BIM_AND_LEAN_IN_THE_DESIGN_PRODUCTION_INTERFACE_OF_ETO_COMPONENTS_IN_COMPLEX_PRO-](https://www.researchgate.net/profile/Daniela_Viana3/publication/281841520_BIM_AND_LEAN_IN_THE_DESIGN_PRODUCTION_INTERFACE_OF_ETO_COMPONENTS_IN_COMPLEX_PROJECTS/links/55fac05608aeba1d9f386584.pdf)JECTS/links/55fac05608aeba1d9f386584.pdf.

Vanlande, R., Nicolle, C. and Cruz, C. 2008. IFC and building lifecycle management. Automation in construction. [Verkkolehti]. Vol 18:1. S.70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.05.001>.

VTT. 2000. RATAS - IT in Finnish Construction. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 4.4.2018]. Saatavissa: <http://cic.vtt.fi/projects/ratas/projects.html>

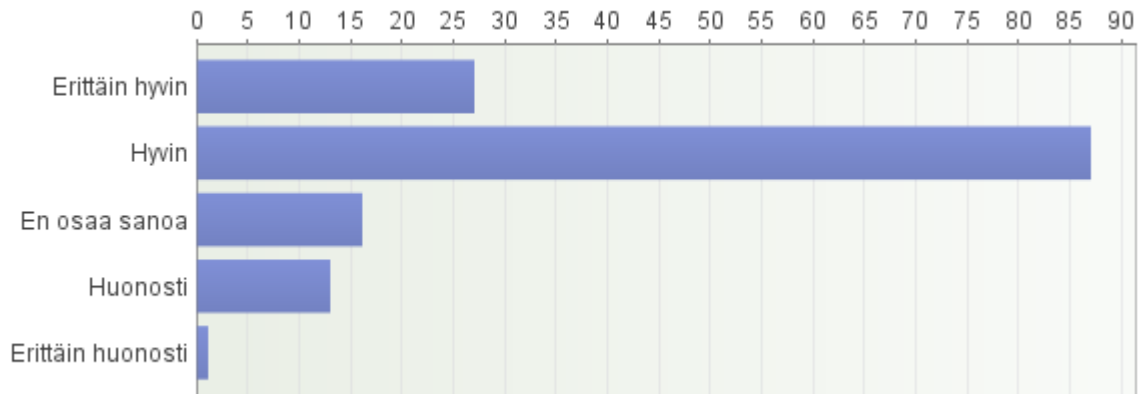
Liiteluettelo

Liite 1.	Kysely: Rakennusten tietomallintaminen osana LVI-suunnittelijan arkea	9 sivua
Liite 2.	openBIM sertifioitua ohjelmistoa	1 sivu
Liite 3.	Valintaohjelman parametrien luokittelu	2 sivua

Liite 1. Kysely: Rakennusten tietomallintaminen osana LVI-suunnittelijan työtä

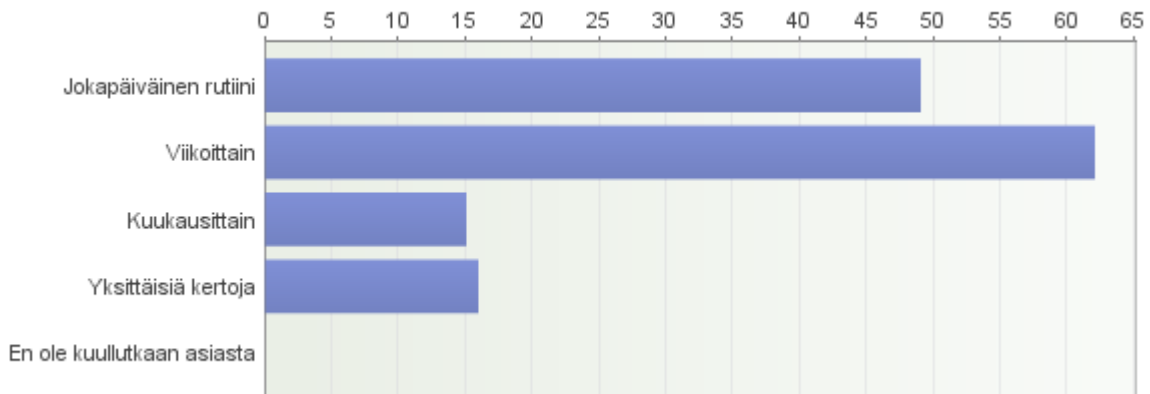
1. Hallitsen rakennusten tietomallintamisen mielestäni...

Vastaajien määrä: 144



2. Kuinka usein työskentelet rakennustietomallintamisen parissa?

Vastaajien määrä: 142



3. Mitä mieltä olet seuraavista rakennustietomallintamista (BIM) koskevista väittämistä?

Vastaajien määrä: 144

Matriisirakenteiseen väittämätalukkaan tulleet vastaukset. Numerot kuvaavat vastaajien määrää kaikilta muilta osin paitsi keskiarvon osalta. Keskiarvo kuvaa vastausten keskimääräistä paikkaa matriisissa kysymystä kohden, jossa esimerkiksi sarake täysin eri mieltä saa arvon 1 ja sarake täysin samaa mieltä saa arvon 5. Huomioitavaa on, että vastauksentalukko on jaettu kahteen osaan. Lisäksi alkupe-
räistä talukkoa on selkeytetty kysymyksen tasoa kuvaavien merkintöjen sekä selitteiden poistamisella. Nämä merkinnät oli tarkoitettu vastaajien vastaamista helpottamaan. Näillä ei kuitenkaan ollut merkitystä tulosten kannalta, joten ne päätettiin poistaa liitteen talukosta.

Vastaukset kysymykseen (1/2): Mitä mieltä olet seuraavista rakennustietomallintamista (BIM) koskevista väittämistä?

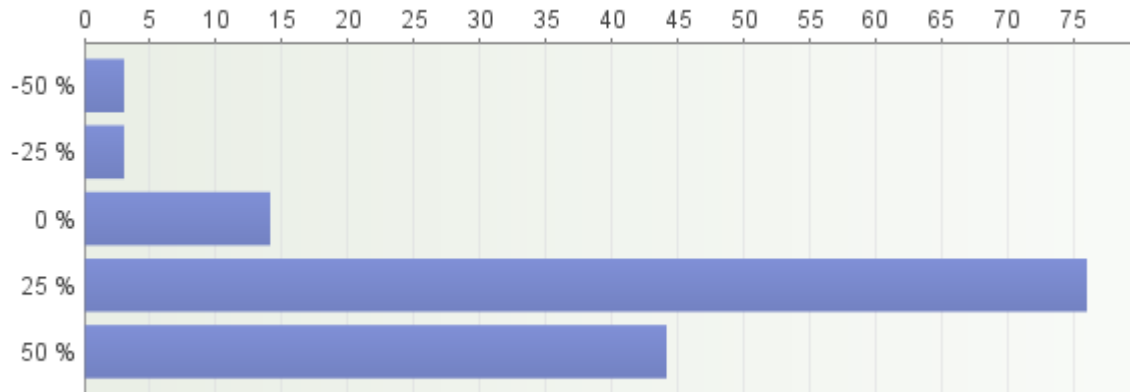
	Täysin eri mieltä	Jokseenkin eri mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin samaa mieltä	Täysin samaa mieltä	Yhteensä	Keskiarvo
BIM on vain synonyymi 3D CAD mallintamiselle.	37	59	6	38	3	143	2,38
BIM:ssä on kyse vain ohjelmistoista.	50	59	19	11	3	142	2
BIM:iä tarvitaan vain suurissa rakennusprojekteissa.	28	71	8	32	4	143	2,39
BIM johtaa mittänsanomattoihin rakennuksiin.	93	29	20	1	1	144	1,53
BIM on välttämättömän osa-alue suunnittelutyössä.	7	28	8	78	23	144	3,57
BIM sopii ainoastaan uudisrakentamiseen, ei korjausrakentamiseen.	39	74	9	19	3	144	2,12
Laitevalmistajat ovat pahasti jäljessä BIM kehityksestä.	5	46	31	52	10	144	3,11
IFC-formaatti ei ole toimiva ratkaisu rakennustietomallintamiseen.	38	75	16	13	2	144	2,07
BIM:ssä on kyse reaaliaikaisesta yhteistyöstä.	5	25	13	85	16	144	3,57

Vastaukset kysymykseen (2/2): Mitä mieltä olet seuraavista rakennustentietomallintamista (BIM) koskevista väittämistä?

	Täysin eri mieltä	Jokseenkin eri mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin samaa mieltä	Täysin samaa mieltä	Yhteensä	Keskiarvo
Asiakkaiden vaatimukset BIM:n suhteen ovat kasvaneet viime vuosiin.	0	9	20	66	48	143	4,07
Suomi on pahasti jäljessä BIM kehityksestä.	9	37	85	7	6	144	2,75
Objektikirjastot (esim. MagiCloud) ovat riittävä taso, tämän hetkisellet	11	48	36	48	1	144	2,86
BIM lisää vain kustannuksia ilman todellista hyötyä kenellek	44	73	14	10	2	143	1,97
BIM on tulevaisuutta ja sen merkitys tulee kasvamaan suunnittelun	3	2	5	44	89	143	4,5
BIM luo kustannussäästöjä.	5	11	45	57	26	144	3,61
BIM luo työpaikkoja.	3	8	43	73	16	143	3,64
BIM ei hyödytä suunnittelutoimistoja taloudellisesti.	13	62	33	16	19	143	2,76
BIM on kommunikaatiotyökalu eri sidosryhmien välillä.	3	8	7	87	39	144	4,05
BIM:stä aiheutuu suuria lisäkuluja suunnittelutoimistolle.	7	44	34	49	9	143	3,06
Yhteensä	400	768	452	786	320	2726	2,95

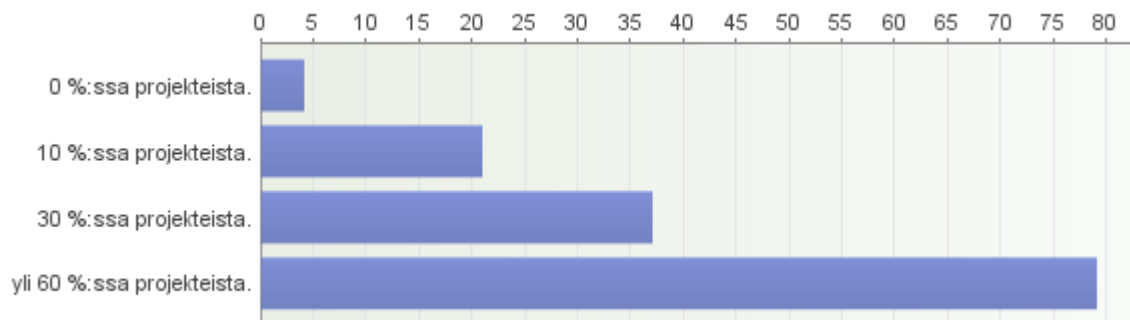
4. Verrattuna tavanomaiseen suunnitteluun, BIM lisää työmäärää

Vastaajien määrä: 140



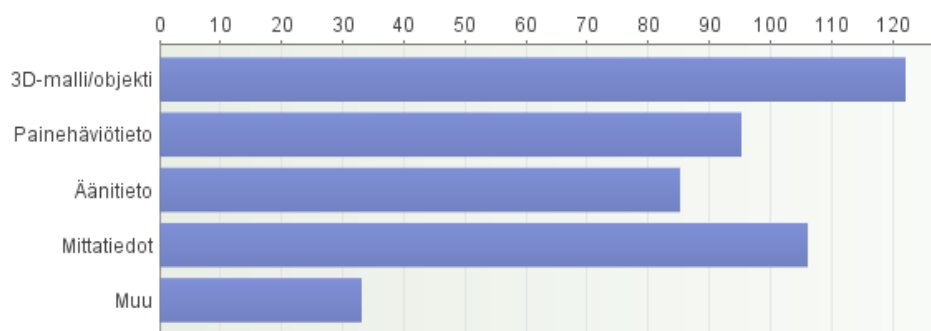
5. Yrityksessä jossa toimin, rakennusten tietomallinnusta käytetään noin

Vastaajien määrä: 141



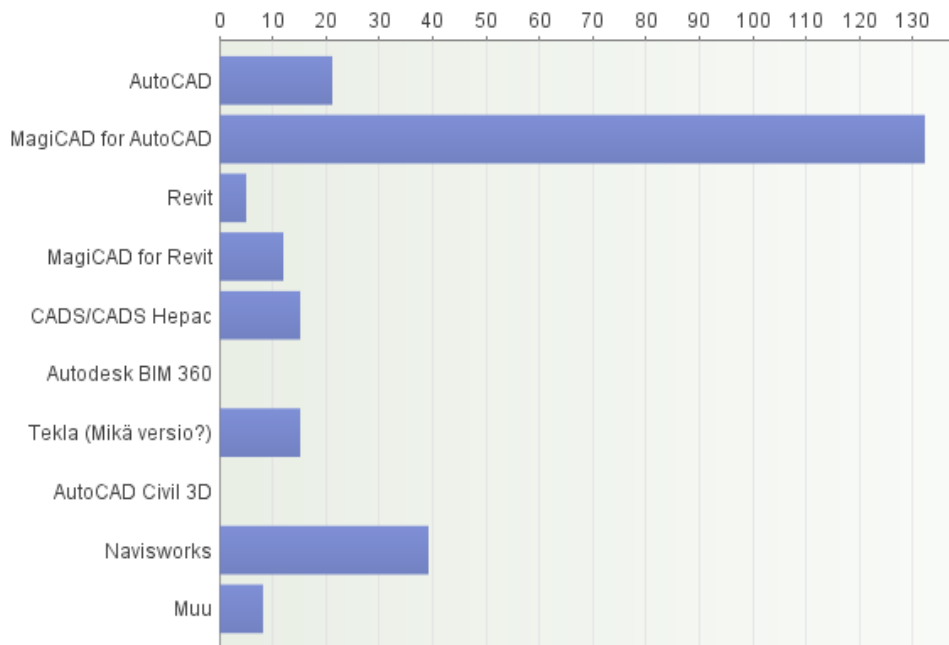
6. Mikä on oleellisin tieto BIM tuotemallissa (LVI-/ CAD-objektissa), suunnittelijan kannalta? CAD-objektilla tarkoitetaan esim. MagiCloud tyyppistä objektikirjaston yksittäistä objektia eli yksittäisen tuotteen 3D-mallia liitetietoineen.

Vastaajien määrä: 143



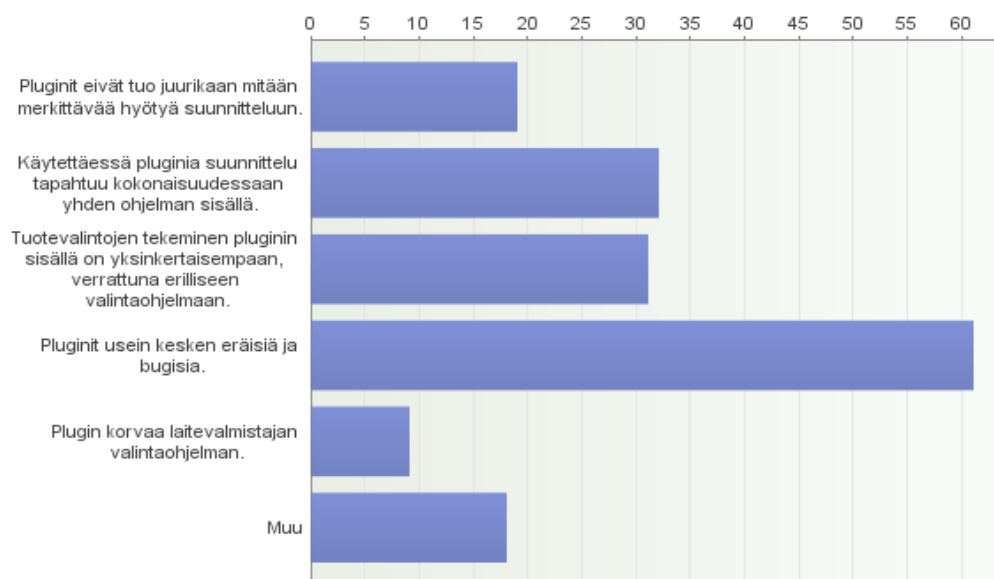
7. Mitä ohjelmaa käytät pääsääntöisesti tietomallin tai piirustusten tuottamiseen?

Vastaajien määrä: 143



8. Laitevalmistajien tarjoamien MagiCAD (tai vastaavien) pluginien tuoma lisäarvo suunnitteluun, verrattuna MagiCloud (tai vastaavan) tyyppiseen objektitikirjastoon.

Vastaajien määrä: 127



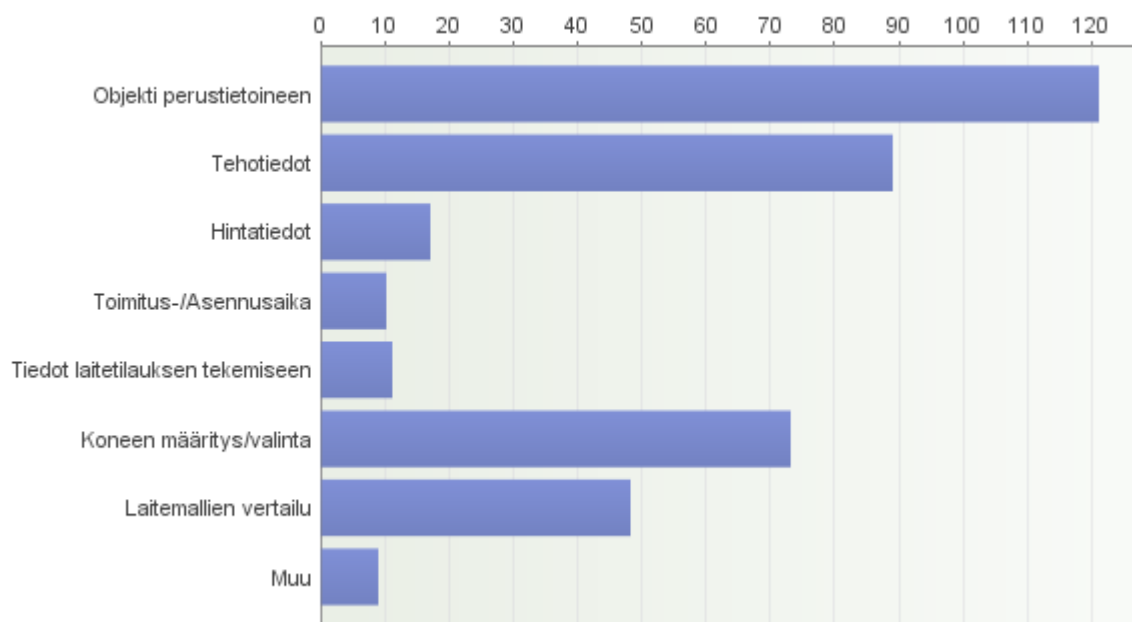
9. Mitkä ovat yleisimmät haasteet BIM mallintamiseen liittyen?

Vastaajien määrä: 89

Tulokset ovat avoimia vastauksia, jotka sisältävät yritykselle yksilöityä informaatiota. Tästä syystä niitä ei voida julkaista tässä työssä sellaisenaan. Kysymys on käsitelty työssä tulosten käsittelyn yhteydessä niiltä osin kuin se on mahdollista.

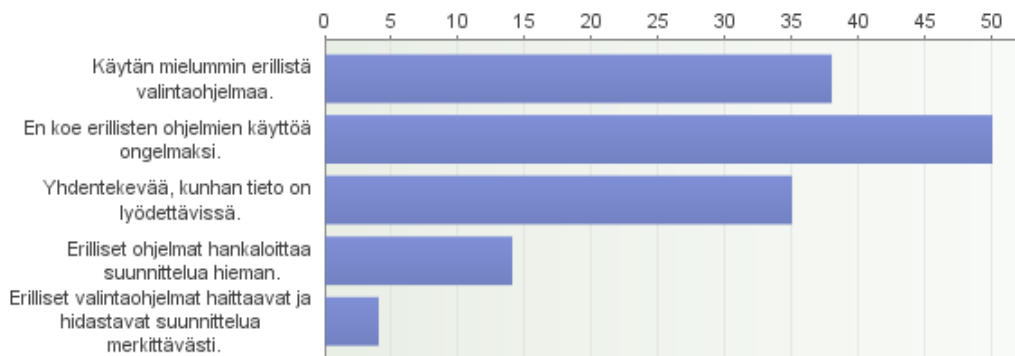
10. Mikä on oleellisin tieto/toiminnallisuus, jonka MagiCAD-lisäosat (tai vastaava) tarjoavat tai haluaisit niiden tarjoavan?

Vastaajien määrä: 135



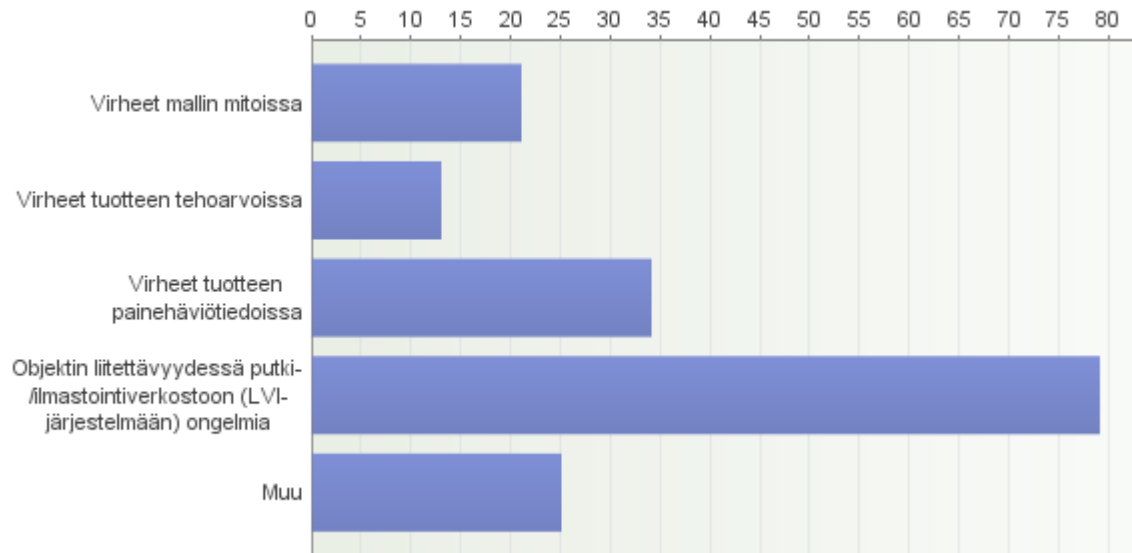
11. Kuinka ongelmalliseksi koet erillisen valintaohjelman käytön verrattuna MagiCAD (tai vastaavaan) ohjelmaan integroituun lisäosaan?

Vastaajien määrä: 141



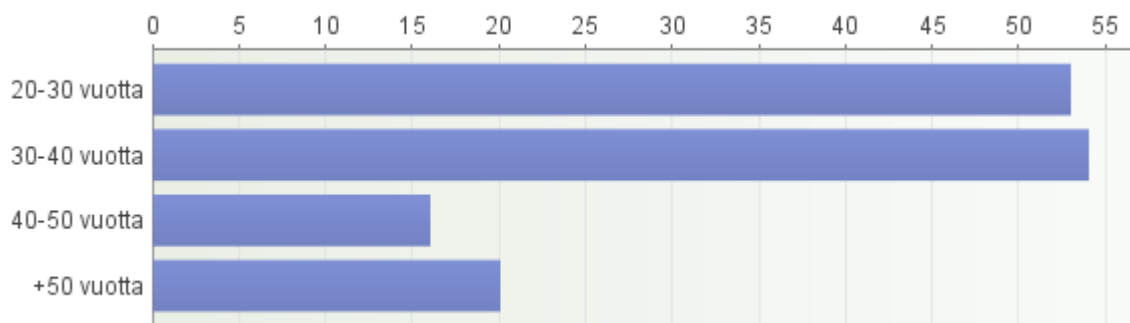
12. Yleisimmät ongelmat, jotka liittyvät CAD-objekteihin.

Vastaajien määrä: 120



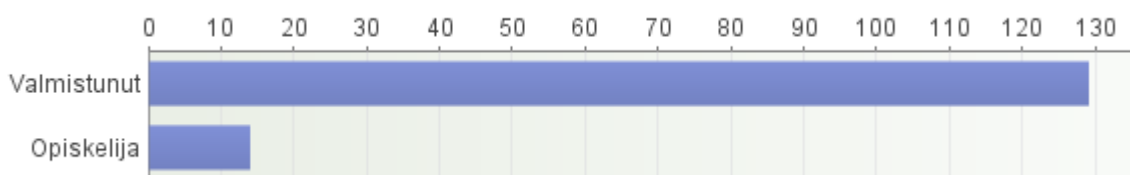
13. Ikä

Vastaajien määrä: 143



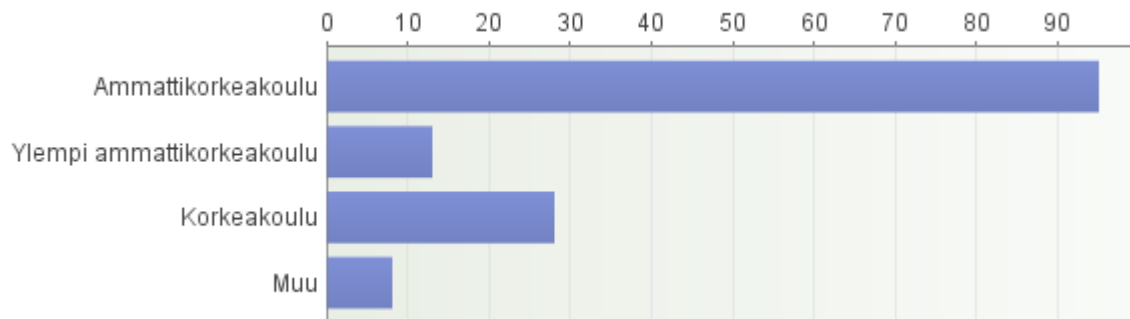
14. Oletko valmistunut tutkintoon vai oletko opiskelija?

Vastaajien määrä: 143



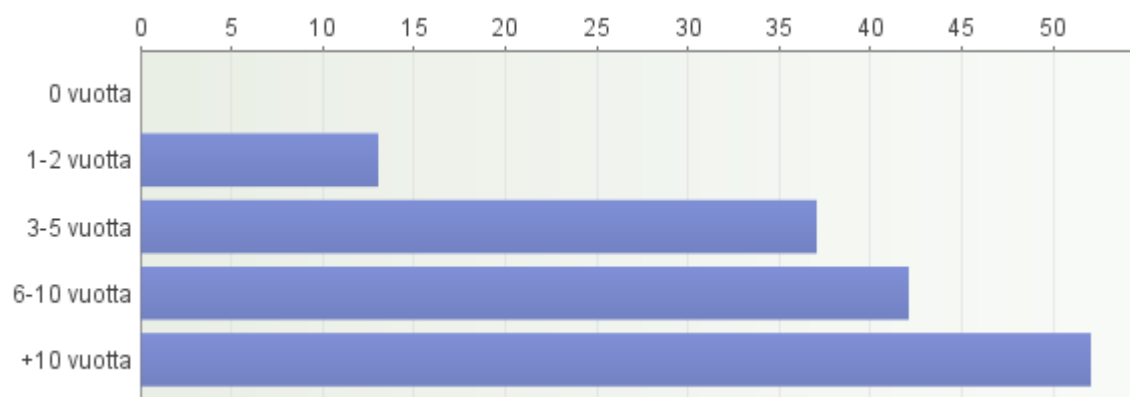
15. Koulutusaste

Vastaajien määrä: 144



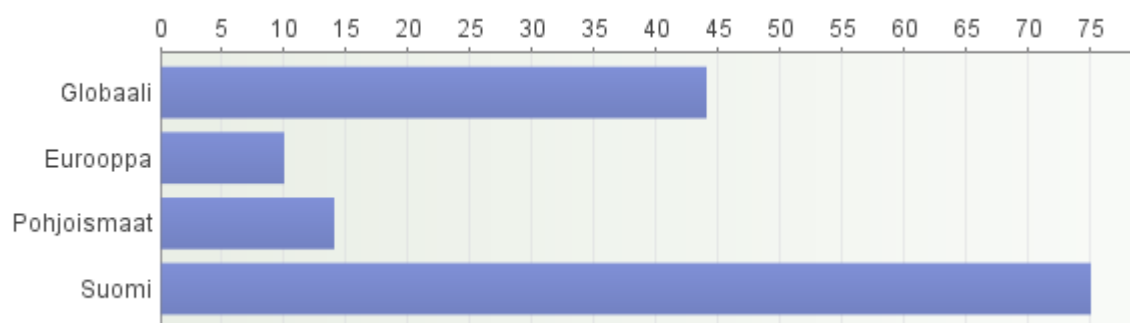
16. Kokemus LVI-alalla työskentelystä

Vastaajien määrä: 144



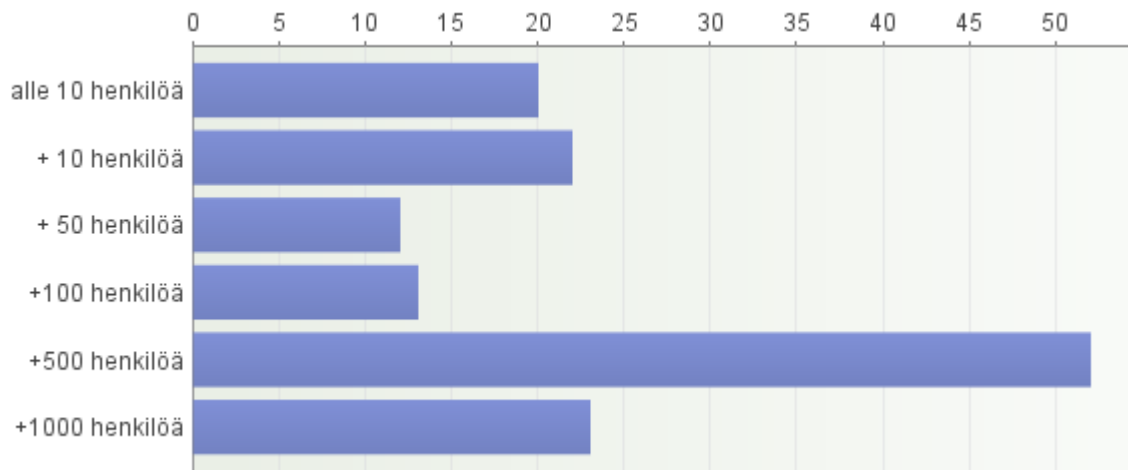
17. Yrityksen kansainvälisyys, jossa työskentelet

Vastaajien määrä: 143



18. Yrityksen koko, jossa työskentelet

Vastaajien määrä: 142



Liite 2 openBIM sertifioidut ohjelmistot

Taulukosta on nähtävissä IFC-sertifioidut ohjelmistot ja sertifioinnin tyyppi ja päivä. Sertifiointeja on kahta tyyppiä. Import kuvaa valmiutta tiedostojen tuontia varten ja export kuvaa valmiutta tiedostojen viemistä varten. Viemisellä ja tuomisella tarkoitetaan eri ohjelmistojen välistä tiedostojen siirtoa.

Vendor	Application	Certification	Type	Date
Teamsystem S.p.A.	STR Vision CPM	CV2.0	import	22.2.2018
ACCA Software S.p.A	PriMus-IFC	CV2.0	import	27.1.2018
ACCA Software S.p.A	usBIM.clash	CV2.0	import	27.1.2018
ACCA Software S.p.A	usBIM.gantt	CV2.0	import	27.1.2018
ACCA Software S.p.A	usBIM.viewer+	CV2.0	import	27.1.2018
ACCA Software S.p.A	CerTus-IFC	CV2.0	import	27.1.2018
ACCA Software S.p.A	ManTus-IFC	CV2.0	import	27.1.2018
ACCA Software S.p.A	TerMus	CV2.0	import	21.11.2017
ACCA Software S.p.A	CerTus-PN	CV2.0	import	21.11.2017
Bricsys services	BricsCAD	CV2.0	import	11.10.2017
ACCA Software S.p.A	EdiLus	CV2.0	import	24.8.2017
ACCA Software S.p.A	Edificius	CV2.0	import	31.5.2017
cadwork	Lexocad	CV2.0	import	23.5.2017
Glodon Software Company Limited	Glodon Takeoff for Architecture and Structure	CV2.0-Struct	export	6.1.2017
Glodon Software Company Limited	Glodon Takeoff for Architecture and Structure	CV2.0-Arch	export	6.1.2017
CadLine Ltd	ARCHLine.XP	CV2.0	import	8.11.2016
Bricsys services	BricsCAD	CV2.0-Arch	export	14.10.2016
Progman	MagiCad	CV2.0-MEP	export	11.4.2016
Kymdata Oy	CADS MEP	CV2.0-MEP	export	11.4.2016
CadLine Ltd	ARCHLine.XP	CV2.0-Arch	export	4.4.2016
ACCA Software S.p.A	Edificius	CV2.0-Arch	export	11.3.2016
Bentley Systems, Incorporated	AECOSim Building Designer	CV2.0-MEP	export	18.12.2015
Glodon Software Company Limited	Glodon Takeoff for Architecture and Structure	CV2.0-Arch	export	19.8.2015
Autodesk-R	Autodesk Revit LT	CV2.0	import	26.7.2015
Autodesk-R	Autodesk Revit MEP	CV2.0	import	26.7.2015
Autodesk-R	Autodesk Revit Structure	CV2.0	import	26.7.2015
Autodesk-R	Autodesk Revit Architecture	CV2.0	import	24.7.2015
Bentley Systems, Incorporated	AECOSim Building Designer	CV2.0	import	22.3.2015
Dlubal Software GmbH	RFEM/RSTAB	CV2.0	import	9.3.2015
Bentley Systems, Incorporated	AECOSim Building Designer	CV2.0-Arch	export	28.2.2015
Bentley Systems, Incorporated	AECOSim Building Designer	CV2.0-Struct	export	28.2.2015
Autodesk-A	AutoCAD Architecture	CV2.0-Arch	export	24.2.2015
Glodon Software Company Limited	Glodon Takeoff for Architecture and Structure	CV2.0	import	12.1.2015
Trimble Germany GmbH	Plancal nova	CV2.0-MEP	export	31.10.2014
Design Data	SDS/2	CV2.0-Struct	export	10.10.2014
Data Design System	DDS-CAD MEP	CV2.0-MEP	export	10.9.2014
Autodesk-R	Autodesk Revit LT	CV2.0-Arch	export	7.7.2014
NEMETSCHEK Allplan GmbH	Allplan	CV2.0	import	7.5.2014
Solideo Systems	ArchiBIM Server	CV2.0	import	22.4.2014
Seokyoung Systems Corp.	NaviTouch	CV2.0	import	13.1.2014
NEMETSCHEK Vectorworks, Inc.	Vectorworks	CV2.0	import	11.11.2013
Solibri	Solibri Model Checker	CV2.0	import	30.10.2013
Tekla	Tekla Structures	CV2.0	import	9.10.2013
GRAPHISOFT	ArchiCAD	CV2.0	import	20.9.2013
NEMETSCHEK Scia	Scia Engineer	CV2.0	import	17.9.2013
RIB	RIB iTWO	CV2.0	import	7.9.2013
Autodesk-R	Autodesk Revit MEP	CV2.0-MEP	export	11.7.2013
Tekla	Tekla Structures	CV2.0-Struct	export	12.6.2013
NEMETSCHEK Vectorworks, Inc.	Vectorworks	CV2.0-Arch	export	30.5.2013
GRAPHISOFT	ArchiCAD	CV2.0-Arch	export	16.4.2013
NEMETSCHEK Allplan GmbH	Allplan	CV2.0-Arch	export	16.4.2013
Autodesk-R	Autodesk Revit Architecture	CV2.0-Arch	export	16.4.2013
NEMETSCHEK Scia	Scia Engineer	CV2.0-Struct	export	16.4.2013
Autodesk-R	Autodesk Revit Structure	CV2.0-Struct	export	16.4.2013

Lähde: buildingSMART e.

Liite 3. Parametrien luokittelu

Liitteen 3 taulukko kuvaa työssä tehdyn parametrien määrittämisprosessin tuloksia. Työn kuvassa 5 esitettiin määrittelyprosessia kuvaava malli, jolla parametrimäärittely päätettiin suorittaa. Liitteen 3 taulukossa sarakkeet on nimetty vastaavasti kuin kuvan 5 vaiheet. Parametri määritellään välttämättömäksi parametriksi, jos oikean puolimmainen sarake saa tulokseksi [TOSI]. Tämä sarake saa tuloksen [TOSI], jos toinen tai molemmat (Objekti) tai (Sovelluksen toimintaan vaikuttavat) sarakkeista saavat arvon [TOSI]. Merkintä [x] kuvaa parametrin laatua ja osaa johon parametrilla on vaikutussuhteita. Huomioitavaa on, että taulukko on jaettu kahteen osaan

Parametrien määrittämisprosessin tulokset (1/2)

Valintaohjelman parametri	Käyttäjän vaikutuspiirissä	Vaikutus laiteyksikön suoritusarvoihin	3D-malli	Rivitieto	Sovelluksen toimintaan vaikuttavat	Objekti (Välttämätön)	Sovelluksen toimintaan vaikuttavat (Välttämätön)	Välttämätön parametri
Oliotunniste				x	x	EPÄTOSI	TOSI	TOSI
Luoja				x	x	EPÄTOSI	TOSI	TOSI
Luontiaika				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Suorat tyypit				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Viimeisin komponentin muutos				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Viimeisin komponentin yhteyden muutos				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Käyttäjä				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Käyttäjän koko nimi				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Asiakas				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Kohde				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Tunnukset				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Malliryhmä				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Mallioio				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Raporttiparametrit				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Monikieliset raporttiparametrit				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Valintakoodi				x	x	EPÄTOSI	TOSI	TOSI
Määrä				x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Jäähdytyksen PWM out	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Lämmityksen PWM out	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Seuraa Din tilaa	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
2-portainen lämmitys	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Heater kit	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Avainkortti / Läsnäolo	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Jäähdytyksen pysäytys	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Lämmityksen pysäytys	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Jäähdytyksen ja lämmityksen pysäytys	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Jäähdytyksen, lämmityksen ja puhaltimien pysäytys	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Geneerinen mittaus [mV]	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Kosteusmittaus	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
CO2 Mittaus	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI

Parametrien määrittämisprosessin tulokset (2/2)

Valintaohjelman parametri	Käyttäjän vaikutuspiirissä	Vaikutus laiteyksikön suoritusarvoihin	3D-malli	Rivitieto	Sovelluksen toimintaan vaikuttavat	Objekti (Välttämätön)	Sovelluksen toimintaan vaikuttavat (Välttämätön)	Välttämätön parametri
Lämpötilan mittaust	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Kondenssihälytys, pysäyttää jäähdytyksen	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Ikkunakytkin, pysäyttää jäähdytyksen	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Box mallin koko	x	x	x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Box_puhallin	x	x				TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Box suojakuori	x		x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Patterin reititys	x	x				TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Imukammio	x	x	x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Painekammio	x	x	x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Puhallinpatterin malli	x	x	x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Toimintatapa(Merkittävä autom.)	x				x	EPÄTOSI	TOSI	TOSI
Korkea versio	x		x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Jäähdytyksen säätöventtiili	x	x	x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Lämmityksen säätöventtiili	x	x	x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Kondenssipumppu	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Sähkönsyöttö	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Raitisilmaliitäntä	x	x	x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Säädin	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Säleikön erikoisväri	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Ilmastointituotteen tyyppi	x	x	x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Ilmastointituotteen malli	x	x	x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Kätisyys	x		x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Sisäinen kondenssikaualo (vakiona malleissa VC,VK,VKS)	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Ulkoinen kondenssikaualo (pakollinen pumpun kanssa)	x		x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Kuoren jalkapaketti (vain kuorellisiin koneisiin)	x		x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Kuoren perälevy (vain kuorellisiin koneisiin)	x		x			TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Puhallinnopeudet EC koneet	x	x				TOSI	EPÄTOSI	TOSI
kvs jäähdytys	x	x				TOSI	EPÄTOSI	TOSI
kvs lämmitys	x	x				TOSI	EPÄTOSI	TOSI
Digitaal- ja analogiliitännät	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
0-x0VToimilaite	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Jäähdytysventtiilin toimilaite	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Lämmitysventtiilin toimilaite	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Seuraa Modbuskartin arvoa 4x0005 (holding register)	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Lähtö on päällä, jos jäähdytyspyynti on >x%	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Lähtö on päällä, jos lämmityspyynti on >x%	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI
Lähtö on aina päällä (power out)	x			x		EPÄTOSI	EPÄTOSI	EPÄTOSI